

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв
«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я.М. Корнієнко

“ _____ ” _____ 2019 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

На здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація установки сушильного циліндра папероробної машини. Комплексний

Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51

Міліціян Олексій Андрійович

(підпис)

Керівник проекту канд. техн. наук, ст. викл О.А. Новохат

(підпис)

Консультанти:

з охорони праці канд. техн.. наук, доцент І.М. Ковтун

(підпис)

Консультанти:

з економіки канд. техн.. наук, ст. викл С.В. Гулієнко

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ О. А. Міліціян
Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 - Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко

“ _____ ” _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Міліціян Олексій Андрійович

1. Тема проекту: Модернізація установки сушильного циліндра папероробної машини. Комплексний

керівник проекту Новохат Олег Анатолійович, кандидат технічних наук, старший викладач

затверджена наказом по університету від «22» травня 2019 р. № 1323-с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту: 31 травня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: швидкість машини – 20,8 м/хв; обрізна ширина паперового полотна – 4,2 м; маса 1 м² – 0,032 кг; початкова сухість паперу – 52%; кінцева сухість паперу – 95%; тиск пари в циліндрі 0,8 МПа.

4. Зміст пояснювальної записки: а) основна частина: розглянути існуючі конструкції сушильних частин, обґрунтувати вибір конструкції; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: тепловий розрахунок сушильної частини, розрахунки на міцність і надійність елементів лоцильного циліндра; виконати складальне креслення лоцильного циліндра, загальний вигляд сушильної частини, креслення паровпускної головки, креслення кришки, креслення оболонки, креслення приводної та не приводної цапф; розробити рекомендації до монтажу та експлуатації сушильної частини; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки, удосконалити конструкцію лоцильного циліндра з метою покращення відводу конденсату.

б) економічна частина: виконати розрахунки які підтверджують доцільність удосконалення лоцильного циліндра.

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарату до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових

креслеників, плакатів, презентацій тощо): установка сушильного циліндра ПРМ – А2×3, лоцильний циліндр – А2×3, корпус циліндра – А1, цапфа привідна – А1, кришка – А1

6. Консультанти:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М.		
Очікувані техніко-економічні показники застосування установки	Гулієнко С. В.		

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	16.04.2019	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	18.04.2019	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції сушильного циліндра. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	20.04.2019	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату.	22.04.2019	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату.	24.05.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	26.04.2019	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій.	15.05.2019	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації.	20.05.2019	
9	Розробка вимог до апарату з питань охорони праці.	22.05.2019	
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	30.05.2019	
11	Попередній захист проекту.	01.06.2019	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	10.06.2019	

Студент

_____ О. А. Міліціян
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ О.А. Новохат
(підпис)

Реферат

УДК 676.2.052

Модернізація установки сушильного циліндра. Комплексний: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник: О.А. Новохат – К., 2019 – 96 с.: іл. Викон. – О.А. Міліціян – Бібліогр.: с. 93.

Пояснювальна записка складається з вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань з 24 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг проекту становить 126 аркушів основного тексту, 21 рисуноків, 10 таблиць.

Метою проекту є розробка конструкції установки сушильного циліндра папероробної машини зі зменшенням енерговитрат та забезпеченням рівномірності сухості паперового полотна по ширині.

Поставлена задача досягається завдяки почерговому розміщенню паропідвідних та конденсатовідвідних трубок по ширині сушильного циліндра. Це забезпечить рівномірність товщини шару конденсату на внутрішній поверхні циліндра та, відповідно, однакове значення теплового потоку від пари до паперового полотна.

Для підтвердження ефективності технічного рішення виконано тепловий, енергетичний розрахунки та розрахунки на міцність основних вузлів та деталей конструкції. Представлено методику, алгоритм і програму розрахунку фланцевого з'єднання. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить опис конструкції установки сушильного циліндра. Графічна частина проекту включає п'ять креслень, що містять: установку сушильного циліндра ПРМ – А2×3, лощильний циліндр – А2×3, корпус циліндра – А1, цапфу привідну – А1, кришку – А1.

МАШИНА ПАПЕРОРОБНА, ЧАСТИНА СУШИЛЬНА, ЦИЛІНДР ЛОЩИЛЬНИЙ, ГОЛОВКА ПАРОВПУСКНА, КОВПАК КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ, ШАБЕР КРЕПУЮЧИЙ.

Реферат

УДК 676.2.052

Модернизация установки сушильного цилиндра. Комплексный :
Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня “бакалавр”/
КПИ им. Игоря Сикорського; Руководитель: О.А. Новохат – К. 2019. – 96 с.:
ил. Исполнитель. А.А. Милициян – Библиогр.: с.93.

Пояснительная записка состоит из вступления, восьми разделов, выводов, перечня ссылок из 24 наименований и 4 дополнений. Общий объем проекта составляет 126 листов основного текста, 21 рисунков, 10 таблиц.

Целью проекта является проектирование и разработка установки сушильного цилиндра бумагоделательной машины.

Поставлена задача достигается путем поочередного размещения пароподводящих и конденсатоотводных трубок по ширине сушильного цилиндра. Это обеспечит равномерность толщины конденсата на внутренней поверхности сушильного цилиндра и, соответственно, одинаковое значение теплового потока от пара к бумажному полотну.

Для подтверждения эффективности технического решения выполнено тепловой, энергетический расчеты и расчеты на прочность узлов и деталей конструкции. Представлена методика, алгоритм и программа расчета фланцевого соединения. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит описание конструкции установки сушильного цилиндра. Графическая часть проекта включает пять чертежей, содержащих: установку сушильного цилиндра БДМ – А2×3, лощильный цилиндр – А2×3, корпус цилиндра – А1, цапфу приводную – А1, крышку – А1.

МАШИНА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНАЯ, ЧАСТЬ СУШИЛЬНАЯ,
ЦИЛИНДР ЛОЩИЛЬНЫЙ, ГОЛОВКА ПАРОВПУСКНАЯ, КОЛПАК
КОНВЕКТИВНОГО СУШЕНИЯ, ШАБЕР КРЕПИРУЮЩИЙ.

Abstract

UDC 676.2.052

The Bachelor Diploma project on the theme: “Modernization of dryer cylinder installation of paper machine. Complex”/ National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Scientific supervisor: O. Novokhat. – K., 2019. – 96 p.: Developer – O. Militsiian. – references.: 93 p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, a conclusion, a reference list of 24 items. The total volume is: 126 pages of the main text., 21 figures, 10 tables and 4 appendices.

The objective of the study is the development and modernization of a drying cylinder installation.

The assigned aim is achieved by stepping placing of steam supply and condensate pipes across the width of a drying cylinder. This will ensure uniform condensate thickness on the inner surface of a drying cylinder and, accordingly, the same value of the heat flux from the steam to the paper web.

To confirm the effectiveness of a technical solution, the thermal design, the energy calculations, the calculations of the strength of the main elements and parts were performed. To calculate a flange coupling algorithmic scheme, the table of identifiers and the program was executed in the algorithmic language Mathcad 15. The analysis of the results and the conclusions have been done. There is a list of bibliography.

The calculation and explanatory note contains description of the design of a drying cylinder installation. The graphic part of the project includes the dryer cylinder installation – A2×3, the yankee cylinder – A2×3, the cylinder casing – A1, the driven neck journal – A1, the cylinder head – A1.

PAPERMAKING MACHINE, DRYING PART, YANKEE CYLINDER,
STEAM HEAD, CAP OF CONVERSION DRYING, CREPPING SCRAPER

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація установки сушильного циліндра папероробної машини. Комплексний

Студент

О. А. Міліціян

Керівник дипломного проекту

О.А. Новохат

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	13
Вступ	17
1 Призначення та область використання сушильної частини ПРМ	19
1.1 Опис технологічного процесу	19
1.2 Вибір типу сушильної частини та її місце в технологічній схемі	20
2 Технічна характеристика	21
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції сушильної частини	22
3.1 Опис конструкції та принцип дії	22
3.2 Вибір матеріалів	24
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції сушильної частини з аналогами	25
3.4 Патентне дослідження	26
4 Охорона праці	33
4.1 Віброзахист	34
4.2 Виробничий шум	35
4.3 Електробезпека	35
4.4 Пожежна безпека	36
4.5 Повітря робочої зони	38
4.6 Вибухобезпека	38
4.7 Освітлення на робочих місцях	39
4.8 Небезпека дії рухомих та обертових частин	39
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	41
5.1 Тепловий розрахунок сушильної частини	41
5.2 Розрахунок корпусу лоцильного циліндру на міцність	47
5.3 Розрахунок кришки циліндру на міцність	53
5.4 Розрахунок пустотілого валу на міцність	54

					ЛБ51.705442.001 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Модернізація установки сушильного циліндра ПРМ	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Міліціян						
Перевір.		Новохап					10	126
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ		
Н. Контр.		Новохап						
Затверд.								

5.4.1 Розрахунок трубчастої частини.	55
5.4.2 Розрахунок конічної частини.	56
5.5 Розрахунок цапфи на міцність	57
5.6 Розрахунок зварного з'єднання кришки з пустотілим валом	59
5.7 Розрахунок болтів для кріплення кришки	60
5.8 Розрахунок кришки лазу на міцність	64
5.9 Розрахунок болтів для кріплення кришки лазу	66
5.10 Розрахунок фланцевого з'єднання	68
5.11 Розрахунок паровпускної головки	69
5.12 Розрахунок підшипників	72
5.13 Розрахунок потужності приводу	74
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації	77
6.1 Підготовка сушильної частини до монтажу	77
6.2 Монтаж лоцильного циліндра та ковпака конвективного сушіння	77
6.3 Випробування лоцильного циліндра	79
6.4 Введення в експлуатацію лоцильного циліндра	79
6.5 Експлуатація лоцильного циліндра	80
6.6 Усунення виробничих неполадок	81
7 Рівень стандартизації та уніфікації	82
8 Економічна частина	83
8.1 Обґрунтування доцільності проведення вдосконалення	83
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню базової конструкції лоцильного циліндра	85
Висновок	89
Вывод	91
Conclusion	93
Перелік посилань	94
Додаток А Патентний пошук	97
Додаток Б Патенти, які використані в патентному дослідженні	103

Додаток В Програмний розрахунок фланцевого з'єднання

115

Додаток Г Публікації автора

118

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ПрАТ «ККПК» – Приватне акціонерне товариство «Київський картонно-паперовий комбінат»;

ПРМ – папероробна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

V – швидкість машини, м/хв;

B – ширина паперового полотна, м;

g – маса 1 м² паперу, г/м²;

S_0 – початкова сухість паперу, %;

S_k – кінцева сухість паперу, %;

P – тиск пари, МПа;

$G_{a.c.p.}$ – продуктивність машини по абсолютно сухій масі паперу, кг/год;

W – вологість;

U – вологовміст полотна, кг/кг;

\bar{t} – середня температура паперового полотна, °С;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²°С);

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від пари до внутрішньої стінки циліндра, Вт/(м² °С);

S – товщина стінки циліндра, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки циліндра до паперового полотна, Вт/(м² °С);

q – питомий тепловий потік, Вт/м²;

Q – кількість теплоти, що сприймається паперовим полотном, кВт;

ψ – коефіцієнт втрат;

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

r – питома теплота пароутворення, кДж/кг;

C – теплоємність, кДж/(кг К);

$Q_{\text{гп}}$ – кількість граючої пари, кг/с;

v – швидкість повітря під ковпаком конвективного сушіння, м/с;

d – діаметр отвору сопла, через яке поступає повітря, м;

ρ – густина повітря, що подається під ковпак, кг/м³;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па с;

F – робоча поверхня циліндра, м²;

D_0 – діаметр лоцильного циліндра, м;

L – довжина корпусу циліндра, м;

σ – границя міцності, МПа;

E – модуль пружності, Па;

S_e – товщина стінки кришки, м;

R_0 – радіус кривизни, м;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, МПа;

D_3 – зовнішній діаметр пустотілого вала, м;

S_e – товщина стінки трубчастої частини пустотілого вала, м;

$D_{\text{пр}}$ – діаметр поверхні різь, м;

$d_{\text{тс}}$ – діаметр отвору для труби сифону, м;

n – коефіцієнт запасу міцності;

$F_{\text{п}}$ – навантаження болтів для кріплення кришки до корпусу від тиску пари, кН;

$d_{\text{п}}$ – середній діаметр ущільнювальної поверхні прокладки, м;

$b_{\text{уп}}$ – ширина ущільнювальної поверхні прокладки, м;

$b_{\text{п}}$ – ширина прокладки, м;

n_6 – кількість болтів;

$d_{\text{рв}}$ – внутрішній діаметр різьби, м

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F_{п1}$ – навантаження болтів для кріплення кришки до пустотілого вала від тиску пари, кН;

d_p – діаметр різьби, м;

$V_{пп}$ – питомий об'єм пари, м³/кг;

G – сила тяжіння циліндра, Н;

$q_{ц}$ – навантаження від ваги циліндра, Н/м;

q_k – навантаження від ваги конденсату, Н/м;

γ – питома вага води, Н/м³;

A – відстань між підшипниками, м;

X - коефіцієнт радіального навантаження;

Y - коефіцієнт осьового навантаження;

k_k - коефіцієнт обертання;

k_T - температурний коефіцієнт;

k_{δ} - коефіцієнт безпеки;

L^0 – довговічність підшипника, млн. об;

$d_{ц}$ – діаметр цапфи, м;

$\tau_{пус}$ – час пуску електродвигуна, с;

T_1 – тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках, Н;

f_1 – коефіцієнт тертя;

T_2 – зусилля на подолання тертя шабера по поверхні лоцильного циліндру, Н;

q_l – лінійний тиск, кН/м;

f_3 – коефіцієнт тертя в торцевих ущільненнях;

N – потужність приводу, кВт;

k_m – коефіцієнт перенавантаження;

k_v – коефіцієнт, що враховує залежність тягового зусилля від швидкості;

η – коефіцієнт корисної дії приводу;

$P_{пр}$ – тиск притискання, Па;

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

M_i – момент інерції, Нм;

I – статичний момент інерції, Нм²;

ω – кутова швидкість лоцильного циліндра, с⁻¹;

R – радіус лоцильного циліндра, м;

$M_{тр}$ – момент на подолання сил тертя, Нм;

$N_{двп}$ – потужність двигуна в пусковий момент, кВт.

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Вступ

Виробництво паперу на папероробній машині складається з декількох технологічних стадій, однією з яких є процес сушіння паперового полотна. В целюлозно-паперовій промисловості для сушіння паперу і картону найбільше розповсюдження отримали контактні (кондуктивні) сушильні установки, у яких тепло передається вологому полотну безпосередньо від нагрітої поверхні сушильних циліндрів. Паралельно з кондуктивним сушінням в папероробних машинах (ПРМ) використовується конвективне сушіння полотна нагрітим повітрям, що дозволяє досягти найбільшої ефективності процесу сушіння.

Можливості інтенсифікації процесу виробництва санітарно-гігієнічного паперу, збільшення продуктивності ПРМ, а також покращення якості продукції здебільшого залежить від ефективності процесу сушіння паперового полотна на сушильній частині ПРМ. Оскільки останнім часом значно зросли вимоги до якості санітарно-гігієнічного паперу та продуктивності виробництва виникла необхідність створення більш ефективного обладнання для виготовлення паперу. Тому робота по модернізації сушильної частини ПРМ є актуальною.

Метою даного проекту є модернізація установки сушильного циліндру ПРМ для виготовлення санітарно-гігієнічного паперу з розробкою системи відведення конденсату, для забезпечення рівномірної сухості по ширині паперового полотна. Сушіння цього виду паперу здійснюється на циліндрах великого діаметра – лощильних циліндрах. Розроблювана сушильна частина дозволить покращити теплопередачу від гріючої поверхні до паперового полотна та підвищити продуктивність ПРМ.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- провести тепловий розрахунок та визначити активну поверхню теплообміну лощильного циліндра та потужність приводу;

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- провести необхідні розрахунки для перевірки надійності та працездатності конструкції сушильної частини та основних елементів її конструкції;
- розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації сушильної частини;
- розробити заходи щодо забезпечення безпечних умов праці;
- виконати патентне дослідження сушильної частини ПРМ та лоцильного циліндра;
- провести модернізацію установки лоцильного циліндра.

Завдання на проектування видано 1 вересня 2018 року.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область використання сушильної частини ПРМ

Сушильна частина ПРМ призначена для досягнення заданої кінцевої сухості готової продукції, забезпечення процесів формування структурно-механічних властивостей паперового полотна. Основною задачею сушіння є досягнення заданої кінцевої сухості паперового полотна.

В сушильній частині можуть бути розміщені пристрої для проклейки, крепування, крейдування та інші установки для обробки паперового полотна, що надають йому необхідні властивості, якщо це виправдано виробничою необхідністю та підтверджено економічними розрахунками.

Окрім зневоднення під час сушіння закінчуються процеси проклеювання, фарбування та ущільнення паперового полотна. Внаслідок ущільнення паперового полотна відбувається зчеплення волокон з утворенням нових зв'язків, що покращує механічну міцність і гладкість паперу [1].

1.1 Опис технологічного процесу

Сушильна частина ПРМ для виготовлення санітарно-гігієнічного паперу складається з лощильного циліндра, що працює наступним чином. Введений до обертального руху лощильний циліндр через паровпускну головку під тиском подається водяна пара. Конденсуючись пара передає теплоту через зовнішню поверхню оболонки лощильного циліндра до паперового полотна. Утворений конденсат відводиться назовні лощильного циліндра крізь конденсатовідвідну головку. Для інтенсифікації процесу сушіння використовують ковпак конвективного сушіння, обладнаний циркуляційними вентиляторами та колориферами. Нагріте повітря подається в ковпак та прогріває верхній шар паперового полотна. Сушильна частина має забезпечити рівномірне нагрівання паперового полотна та висушування його до кінцевої сухості.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висушене паперове полотно знімається з лощильного циліндра за допомогою крепуючого шабера та передається на накат ПРМ.

1.2 Вибір типу сушильної частини та її місце в технологічній схемі

На папероробних машинах для виготовлення санітарно-гігієнічних видів паперу, паперу односторонньої гладкості використовуються сушильні частини, що містять лише один циліндр – лощильний. Завдяки зменшенню загальної довжини папероробної машини та кількості станин сушильної частини зменшуватиметься металоємкість. При зменшенні числа сушильних циліндрів зменшується також кількість сукноведучих валиків, шаберів. Суттєво скорочується кількість елементів паровпускних та конденсатовідвідних систем, а також шестерень та підшипників паразитного приводу. Зменшення кількості перелічених елементів підвищує надійність експлуатації та зменшує енергоємність установки.

Оскільки більшість з перерахованих елементів потребує постійного нагляду і ремонту, експлуатація машини при переході на циліндри збільшеного діаметру спрощується.

Лощильний циліндр забезпечує високу гладкість поверхні паперу, що дотикається до нього, та значне зневоднення паперового полотна при сушінні.

З переліченого вище видно доцільність вибору сушильної частини, що складається з лощильного циліндру та ковпака конвективного сушіння. Використання якого дозволяє інтенсифікувати процес сушіння, збільшити продуктивність сушильної частини та покращити якість паперового полотна завдяки більш рівномірному сушінню.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика

Технічна характеристика наведена в таблиці 2.1.

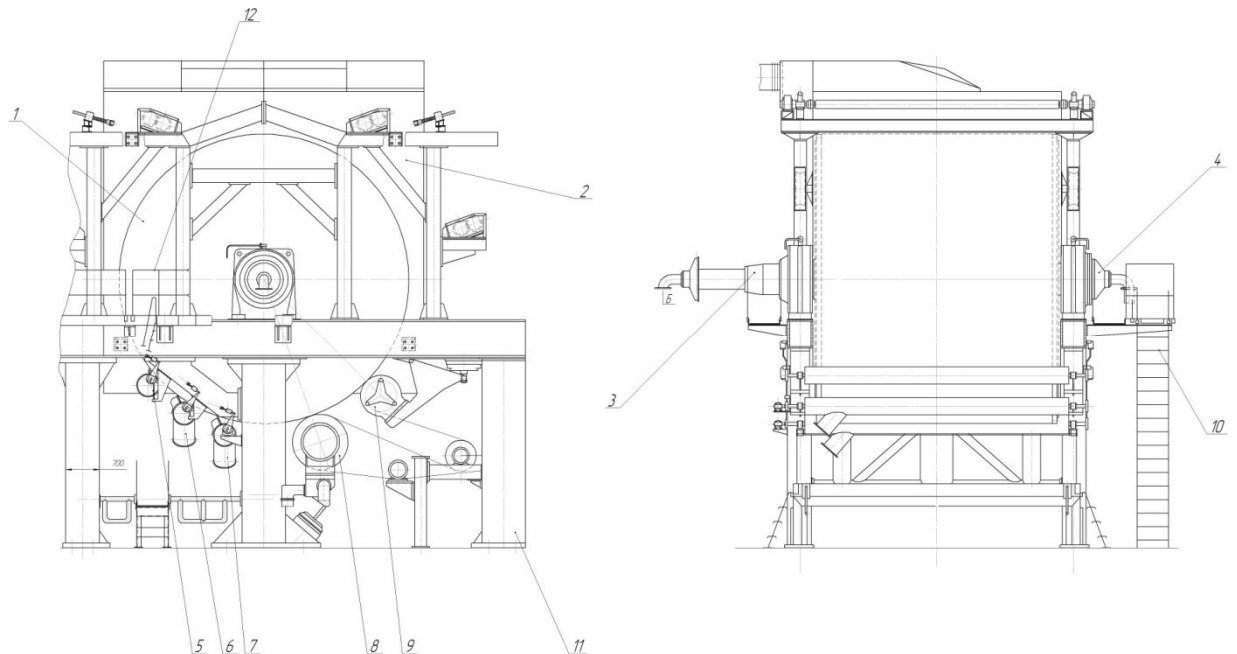
Таблиця 2.1 Технічна характеристика

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Величина
Робочий тиск водяної пари в лощильному циліндрі	МПа	0,8
Робоча температура водяної пари в лощильному циліндрі	К (°C)	458 (185)
Припустимий перегрів пари в лощильному циліндрі	К (°C)	283 (10)
Температура повітря на вході в ковпак	К (°C)	673 (400)
Зовнішній діаметр лощильного циліндра	м	6
Довжина корпусу циліндра	м	4,8
Лінійний тиск притискання першого гарячого пресу	кН/м	70
Лінійний тиск притискання другого гарячого пресу	кН/м	90
Кінцева сухість паперу	%	95
Маса 1 м ² паперу	г/м ²	32
Максимальна робоча швидкість	м/с (м/хв)	20,8 (1248)
Маса	кг	108500
Габарити (довжина×ширина×висота)	м	10,35×10,7×10,1

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції сушильної частини

3.1 Опис конструкції та принцип дії

Схема сушильної частини зображена на рисунку 3.1



1 – циліндр лощильний, 2 – ковпак конвективного сушіння, 3 – головка конденсатовідвідна, 4 – головка паровпускна, 5 – шабер з'ємний, 6 – шабер крепуючий, 7 – шабер очисний, 8 – перший гарячий прес, 9 – другий гарячий прес, 10 – сходи, 11 – станина, 12 – містки,

Рисунок 3.1 – Схема сушильної частини ПРМ

Сушильна частина ПРМ призначена для сушіння паперового полотна кондуктивно-конвективним методом. Паперове полотно, за допомогою пресових валів (рис 3.1) надходить на лощильний циліндр, на якому відбувається сушка полотна. Пресові вали притискаються пневматичними притисками і віджимають воду з паперу, а також покращують контакт паперового полотна з робочою поверхнею циліндра. При цьому полотно прилипає до поверхні циліндра за рахунок чого в сушильних частинах такого типу не потрібно використовувати сушильні сукна. Всередину лощильного циліндра подається через паровпускну

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

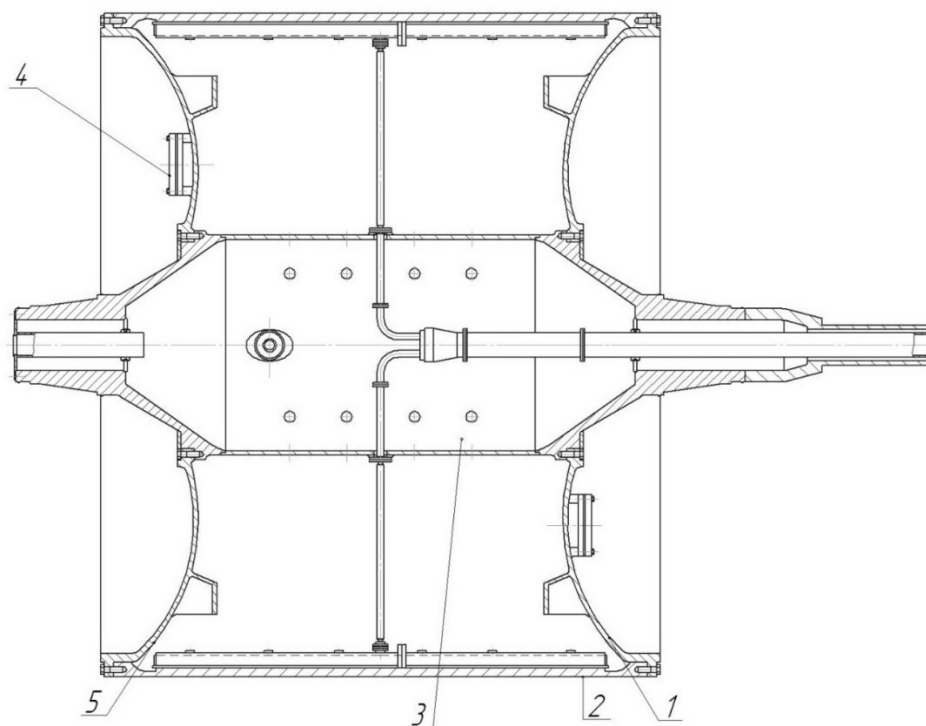
головку насичена пара, що конденсується, передаючи теплоту через стінку циліндра до паперового полотна з утворенням плівки конденсату на внутрішній поверхні оболонки. Конденсат відводиться з циліндру через конденсатовідвідну головку.

Для додаткового сушіння паперу, що знаходиться на гладкій поверхні сушильного циліндра використовується ковпак швидкісного конвективного сушіння, встановлений над лоцильним циліндром, що піднімається та опускається за допомогою пневмоциліндрів. В ковпаку використовується гаряче повітря, що направляється під великим напором і при високій швидкості через велике число сопел перпендикулярно площині паперового полотна. Таким чином, відбувається комбінована контактнo-конвективна сушка, при якій папір, перебуваючи на гріючій поверхні сушильного циліндра, інтенсивно обдувається гарячим повітрям і щільно притискається до поверхні циліндра, що запобігає його викривленню при сушці без сукна, збільшує теплопередачу від циліндра до паперу і різко інтенсифікує процес випаровування вологи. Відпрацьоване повітря відводиться через отвори розташовані між соплами і після підігріву повертається в робочу зону.

Висушене паперове полотно знімається з циліндра крепуючим шабером, встановленим під кутом 15-35° та надходить на накат ПРМ. Залишки паперового полотна видаляються з поверхні циліндра за допомогою очисного шаберу. В комплект входить з'ємний шабер. Що використовується для очищення поверхні циліндра після шліфування. Прижим і відведення шаберів здійснюється рівномірно по ширині за допомогою тиску повітря в пневмоциліндрах.

Лоцильний циліндр – основний елемент сушильної частини ПРМ. Циліндр (рис 3.2) складається з корпусу, торцевих кришок та центрального порожнистого валу з цапфами. Кришки з'єднані з корпусом і валом болтами. В обох кришках, а також у центральному пустотілому валу є люки, необхідні для проведення монтажних робіт і внутрішнього огляду.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



1,5 – кришка циліндра, 2 – корпус циліндра, 3 – пустотілий вал, 4 – лаз

Рисунок 3.2 – Лощильний циліндр

Торцеві кришки лощильного циліндра мають сферичну, опуклу форму та кріпляться до корпусу лощильного циліндра болтами. В кришці існує лаз, для можливості проведення ремонтних робіт всередині лощильного циліндра. Через порожні цапфи лощильного циліндра вводиться теплоізоляційна парова труба для підведення пари та труба для відведення конденсату.

З приводної та лицевої сторін цапфи лощильного циліндра спираються на роликові радіальні сферичні підшипники.

3.2 Вибір матеріалів

В даній конструкції для покращення теплопередачі використовуємо сушильний циліндр зварений із сталевого листа, обираємо Ст3 ГОСТ 380-2005 що забезпечує пряму конструкцію торців, що зменшує коливання температури на кромках, забезпечує однорідну температуру до країв [2]. Сталевий лист

міцніший, ніж чавун, і тому використовується найтонша з можливих конструкцій оболонки. Завдяки щільній структурі сталі можна досягти рівної поверхні, що покращує теплообмін і запобігає забрудненню через налипання.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції сушильної частини з аналогами

В якості аналога для порівняння приймаємо сушильну частину ПРМ фірми “VOITH” з лоцильним циліндром та ковпаком швидкого сушіння. Результати порівняння зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1- – Порівняння основних показників роботи сушильної частини з аналогом

Параметр	Розмірність	Величина	
		Аналог	проектowana
Продуктивність	кг/год	8392	9673,2
Річна продуктивність	кг/рік	73510000	84737232
Встановлена потужність приводної частини	кВт	480	675
Витрати грійної пари	кг/с	3,5	3,443
Швидкість машини	м/с (м/хв)	16,6 (1000)	20,8 (1248)
Маса 1 м ² паперу	г/ м ²	32	32
Кінцева сухість паперу	%	90	95
Маса лоцильного циліндра	кг	106500	108500

3.4 Патентне дослідження

В даному дипломному проєкті розроблено установку сушильного циліндра папероробної машини. Суттєвою ознакою даної конструкції є розташування паропідвідних та конденсатовідвідних труб.

Предмет пошуку: 1) циліндр сушильний/лощильний, 2) сушильна частина.

Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі.

Мета пошуку інформації – визначення патентоспроможності проєктованої сушильної частини й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США.

Ретроспективність. Регламент пошуку встановлюємо такий: 2009 – 2019.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК5, МПК6 – D21F5/02, D21F5/10, D21F5/00, D21F5/02, F26B3/00

Джерела інформації:

1) патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетні Держпатенту України, Роспатенту та United States Patent;

2) науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів целюлозно-паперових виробництв.

Всі необхідні відомості щодо патентів та джерел пошуку наведено в додатку Б.

Авторами патенту [3] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рис. 3.2), яка відрізняється тим що:

1. зовнішня оболонка циліндра виконана із квадратних або трапецієвидних труб, укладених на опорні диски і скріплених між собою;
2. опорні диски встановлені і закріплені на привідному валу, що містить пустотілі цапфи, з'єднані з торцями валу;

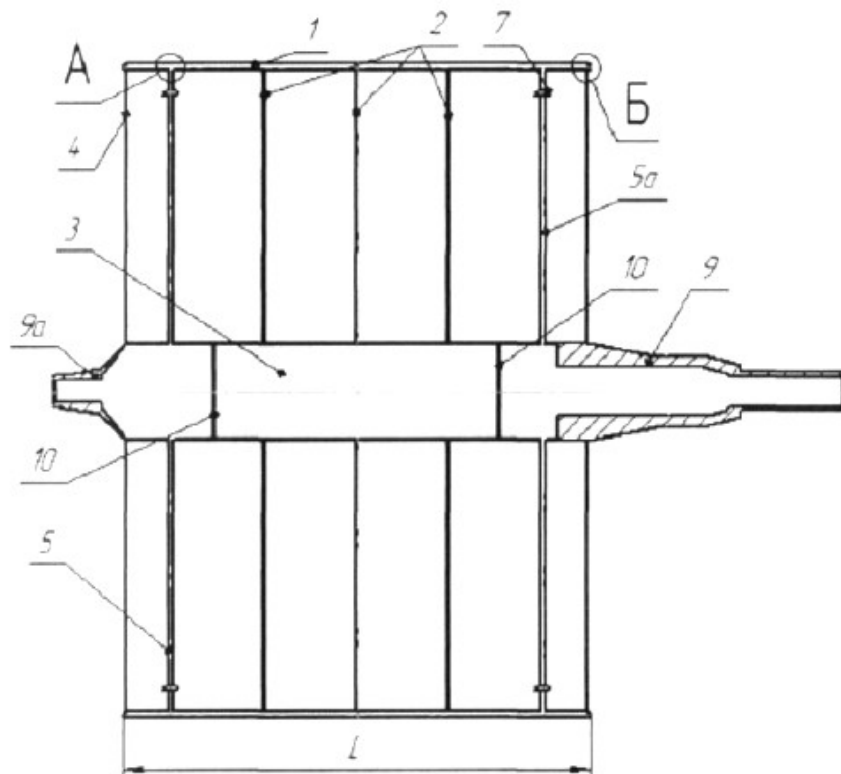
					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. торці труб, утворюючих зовнішню обичайку, з'єднані між собою С-подібними кільцями, закріплені до верхньої і нижньої стінок труб, утворюючи кільцеві канали, що з'єднують порожнини труб зовнішньої оболонки між собою;

4. сушильний циліндр містить захисні щитки, закріплені до валу і до внутрішньої поверхні оболонки;

5. порожнини труб зовнішньої оболонки з'єднані з порожнинами цапф валу циліндричними трубами, що містять компенсатори температурних подовжень;

6. порожнини цапф відділені від порожнини валу заглушками.



1 – оболонка; 2 – опорні диски; 3 – привідний вал; 4 – щитки;

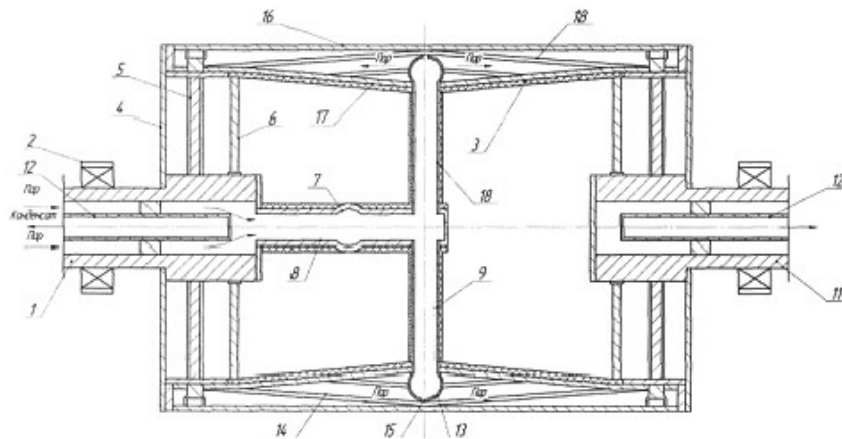
5 – циліндричні труби; 6 – трапецієвидні труби; 7 – компенсатор
теплового подовження; 8 – С-подібні кільця; 9,9а – цапфи; 10 – заглушки

Рисунок 3.3 – Сушильний циліндр

Перевагами цієї конструкції є простота конструкції, надійність, низька металоємність.

Недоліком є ускладнене відведення конденсату, збільшення термічного опору внаслідок стовщення плівки конденсату.

Авторами патенту [4] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рис.3.3), яка відрізняється тим що, на внутрішній поверхні зовнішньої оболонки циліндра наварені по спіралі смужки металу, напрям закрутки яких йде від центра циліндра до торців за ходом його обертання.



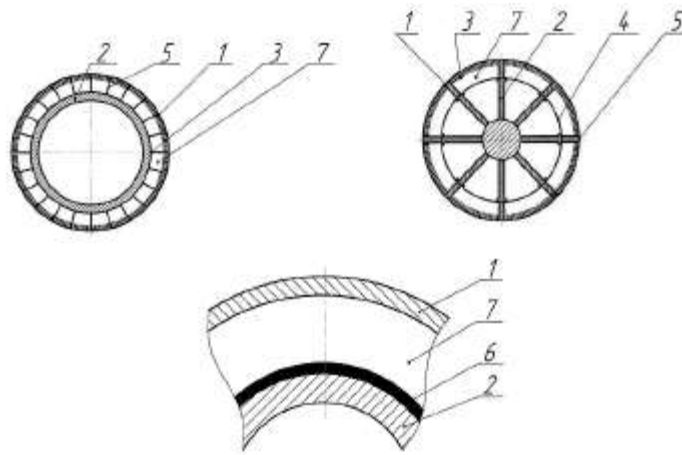
1,11 – цапфи; 2 – підшипникові вузли; 3 – теплова ізоляція; 4 – щити; 5 – сифон; 6 – спиці; 7 – компенсатор; 8 – паропривід; 9 – розподільчий паропривід; 12 – конденсатовідвідна труба; 13 – кільцевий колектор; 14 – камера; 15 – вихідні отвори; 16 – зовнішня оболонка; 17 – внутрішня оболонка; 18 – металеві смужки

Рисунок 3.5 – Сушильний циліндр

Перевагою цієї конструкції є підвищення інтенсивності теплообміну.

Недоліком є складність конструкції.

Авторами патенту [5] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рис 3.5), яка відрізняється тим що, зовнішня поверхня внутрішньої оболонки, яка разом із зовнішньою оболонкою утворює порожнисті камери, куди подається теплоносії, має теплову ізоляцію; зовнішня поверхня внутрішньої оболонки, яка разом із зовнішньою оболонкою утворює порожнисті камери, в які подається теплоносії, має наплення з матеріалу, який має мінімально допустимий коефіцієнт теплопровідності.



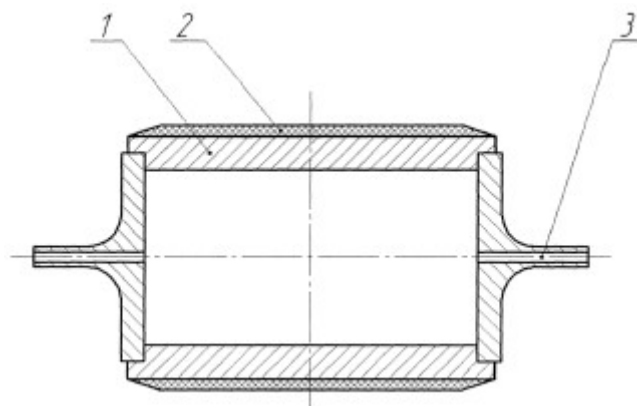
1 – зовнішня оболонка; 2 – несуче тіло; 3 – ребра; 4 – внутрішня оболонка; 5 – стяжні болти; 6 – теплоізоляція; 7 – порожнисті камери

Рисунок 3.5 – Конструкція сушильного циліндра

Перевагою цієї конструкції є підвищення ефективності роботи, за рахунок інтенсифікації процесу теплообміну та зменшення теплових втрат.

Недоліком є наявність небезпечних зон від дії тиску.

Авторами патенту [6] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рис 3.6), яка відрізняється тим що, на зовнішній поверхні рухомої оболонки розміщено шар міді, скріплений з поверхнею оболонки силами поверхневої дифузії.



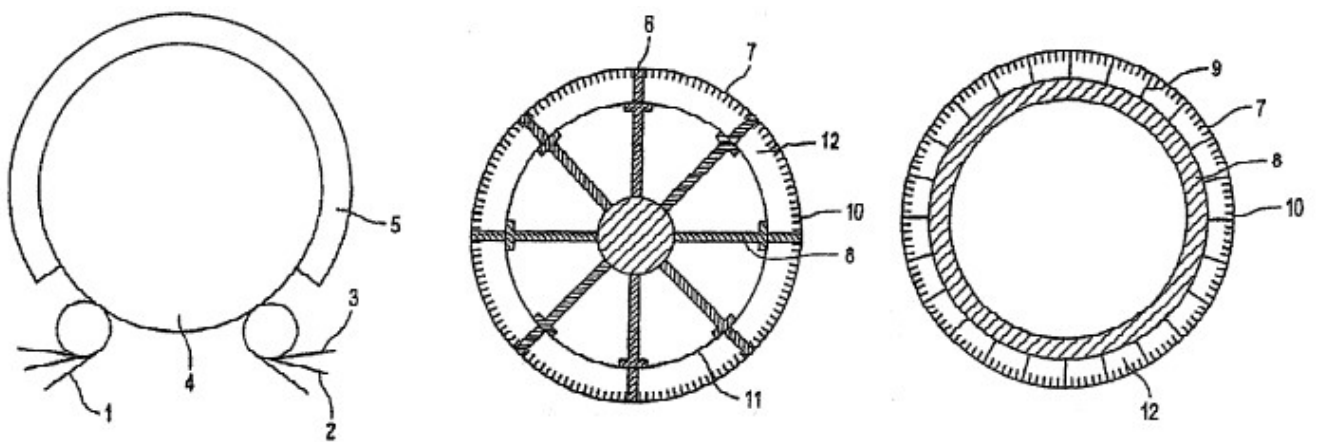
1 – оболонка; 2 – шар міді; 3 – кришки

Рисунок 3.6 – Сушильний циліндр

Перевагами цієї конструкції є простота конструкції, низька металоємність та надійність.

Недоліком є недостатня інтенсифікація теплообміну.

Авторами патенту [7] розроблено конструкцію сушильного циліндру (рис. 3.7), яка відрізняється тим що, між несучим тілом та зовнішньою оболонкою є щонайменше одна порожня камера через яку протікає текуче середовище, а зовнішня оболонка є такою тонкою, що співвідношення теплопровідності матеріалу і товщини зовнішньої оболонки є більше ніж граничне значення.



1 – волокнисте полотно; 2 – водопоглинаюча стрічка; 3 – непроникна стрічка; 4 – сушильний циліндр; 5 – ковпак; 6 – стабілізуючі елементи; 7 – зовнішня оболонка; 8 – несуче тіло; 9 – стяжні болти; 10 – ребра; 11 – внутрішня оболонка; 12 – порожнисті камери

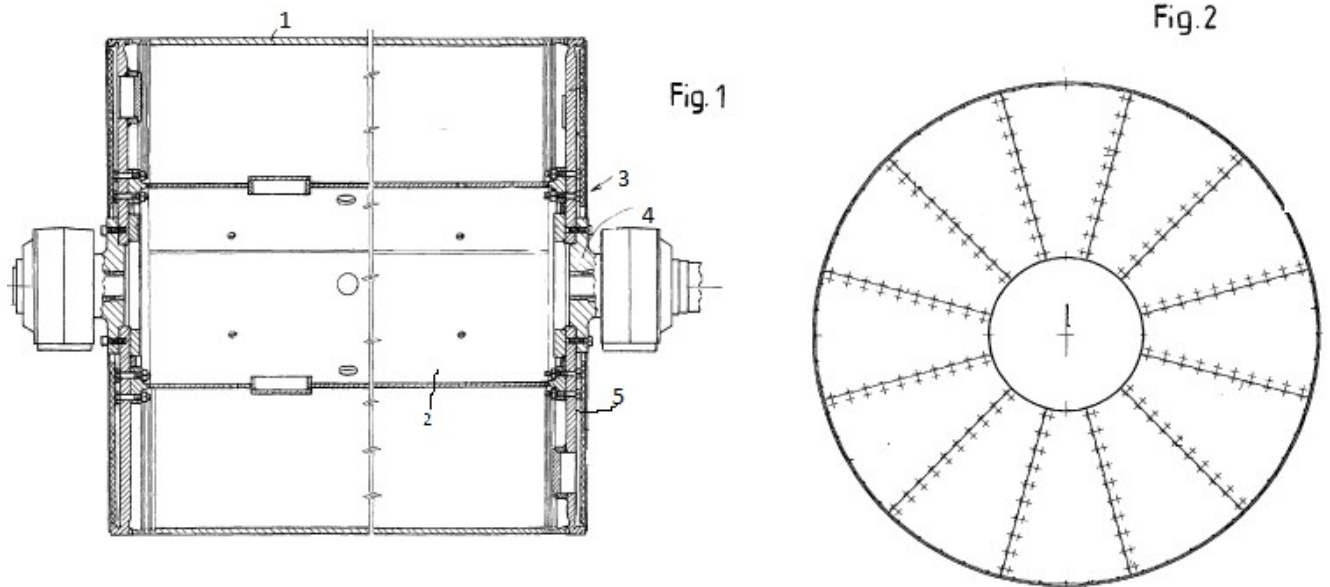
Рисунок 3.7 – Сушильний циліндр

Перевагою цієї конструкції є підвищення ефективності роботи, за рахунок інтенсифікації процесу теплообміну та зменшення теплових втрат.

Недоліком є наявність небезпечних зон від дії тиску.

Авторами патенту [8] розроблено конструкцію лощильного циліндру (рис 3.8), яка відрізняється тим що, торцеві кришки прикріплені до циліндричної оболонки шляхом зварювання зазначеної циліндричної оболонки і згаданих торцевих кришок, циліндрична оболонка та торцеві головки утворюють

порожнистий внутрішній об'єм циліндра, кінцевими нагрівачами, що мають відповідні опорні шпильки, ізоляцією на кожній з згаданих торцевих голівок; наявністю з'єднувального кільця для з'єднання ізоляції з відповідною торцевою кришкою таким чином, що зазначена ізоляція з'єднана з кожною кришкою і обертається разом з янкі-циліндром, причому кожне з'єднувальне кільце оточує відповідний опорний стовп і розташований на відстані від відповідної опорної шпильки.



1 – оболонка; 2 – пустотілий вал; 3 – кришки; 4 – цапфи; 5 – ізоляційний шар

Рисунок 3.8 – Лоцильний циліндр

Перевагою цієї конструкції є інтенсифікація теплообміну за рахунок зменшення теплових втрат через торцеві поверхні циліндру.

Недоліком є складність конструкції.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

1) в конструкції розробленого пристрою не виявлено суттєвих ознак, якими відрізняються прототипи. Усі суттєві ознаки розробленого пристрою є новими;

2) Розроблений пристрій і його складові частини відповідають умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі);

3) Країнами, в яких патентні дослідження здійснюються найактивніше, є: США, Японія, країни ЄС, Китай, Україна.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4 Охорона праці

1) В даному дипломному проекті представлено сушильну частину папероробної машини, яка призначена для сушіння санітарно-гігієнічного паперу. Правила безпеки під час роботи сушильної частини повинні відповідати Закону України "Про охорону праці" та "Єдиним вимогам безпеки до технологічного обладнання целюлозно-паперового виробництва".

2) Тема дипломного проекту: модернізація установки сушильного циліндра. Комплексний.

Керування папероробною машиною дистанційне. Оператор машини знаходиться в окремому приміщенні ($S=4,5\text{м}^2$, $V=12,6\text{м}^3$). Елементи керування повинні знаходитися на лицьовій стороні у станини машини, а також безпосередній близькості до сіткової і сушильної частин машини і на накаті.

Пуск папероробної машини повинен проводитися тільки під керівництвом машиніста з дозволу начальника зміни відповідно до затвердженого технологічного регламенту. Швидкість підняття тиску пари в сушильному циліндрі і температура корпусу циліндра відповідає режиму затвердженого регламенту. Пускові пристрої машин оснащені автоматичною або автономною звуковою сигналізацією, чутною на першому і другому поверхах машини.

Ремонт папероробної машини виконується відповідно до графіку планово-попереджувального ремонту, складеного на основі "Системи технічного обслуговування і ремонту устаткування технологічних ліній з виробництва целюлози" і затвердженого головним інженером підприємства.

При роботах по ремонту та очищенню частина машини, яка ремонтується, а також сусідні з нею частини машини зупиняються, електроприводи знеструмлюються, пускові пристрої блокуються, встановлюються переносні знаки безпеки і тимчасові огорожі, пофарбовані фарбами сигнальних кольорів відповідно до ГОСТ 12.4.026- 76.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час роботи сушильної частини мають місце такі шкідливі та небезпечні фактори:

- повітря робочої зони;
- небезпечна напруга електричного струму;
- обертові та рухомі машини і механізми;
- пожежна небезпечність.
- системи, що знаходяться під тиском.

4.1 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщені (98дБ) є обертові частини сушильної частини ПРМ. Такими частинами вважаються лощильний циліндр та пресовий вали, електродвигуни, насосні установки. В таких частинах виникають невідновлені сили, котрі передаються будівельним конструкціям, викликаючи їх вібрацію.

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження вібрації будівельних конструкцій є зниження невідновлених сил, тобто динамічних навантажень, котрі створюються сушильною частиною.

Для запобігання вище сказаного були виконані такі роботи:

- ретельне динамічне балансування обертових частин агрегатів;
- центрування муфтових з'єднань з електродвигуном;
- ліквідація перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійне закріплення рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів).

Ці заходи дозволили знизити вібрацію рухомих частин до рівня, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.039-99.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Виробничий шум

Папероробна машина працює в безперервному режимі і тому створюваний нею шум є постійним.

Основними джерелами шуму при роботі сушильної частини ПРМ є обертові вали, циліндри, паровпускний пристрій та електродвигуни (98 дБА).

Для запобігання перевищення шуму вище встановленої норми над сушильною частиною встановлено звуковідбиваючі екрани.

Для зменшення шуму ведеться контроль за рівнем змащувальної речовини в підшипникових вузлах, герметичністю фланцевих з'єднань, що дозволяє знизити рівень шуму на $\Delta L=8$ дБА.

Для запобігання шуму вжито такі заходи:

- для спостереження та дистанційний контролю використовуються цегляні звукоізолюючі кабінки з металопластиковими, в яких забезпечується зниження шуму до 70 дБА і нижче ($\Delta L=30$ дБА);

- персонал, який працює безпосередньо в цеху, забезпечено протишумовими навушниками ПШН-Б ГОСТ12.4.051.87, що знижують рівень шуму до 22...28 дБА, і протишумовими вкладишами

„Беруши СТ-1” ТУУ25513947.002-99, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА. Ці заходи дозволили знизити рівень шуму до рівня, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

4.3 Електробезпека

Приміщення, в якому розміщена сушильна частина ПРМ, має по ПУЕ II клас з підвищеною небезпекою.

В приміщенні в якому розміщена сушильна частина ПРМ і для самої роботи машини використовується електромережа з ізольованою нейтраллю, в якій напруга $U = 220/380$ В з частотою $f = 50$ Гц.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання ураження електричним струмом виконано наступні заходи:

- надійно заізолювано елементи конструкції, що проводять електричний струм ($R_{iy} \geq 0,5 \text{ МОм}$ – опір ізоляції);
 - кабелі укладено в «рукави»;
 - встановлено сітчасті (розмір щілини – 0,015x0,015 м) огорожі струмоведучих частин на недосяжній висоті 3,0 м;
 - встановлено електричне блокування на огорожі струмоведучих частин;
 - встановлено орієнтацію в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи та таблички; знаки високої напруги; відповідне розташування і колір неізолюваних струмоведучих частин і ізоляції; фарбування органів управління у відмінний від інших колір і світлова ізоляція);
 - обслуговуючому персоналу видаються засоби захисту (діелектричні ковбики, рукавички, індикатори струму та напруги);
 - в аварійному режимі використовується захисне заземлення $R=3,8 \text{ Ом}$.
- Ці заходи проведені згідно ГОСТ 12.1.030 – 98.

4.4 Пожежна безпека

На виробництві основним матеріалом є паперове полотно, температура займання якого дорівнює 380 - 400°C.

Можливими причинами пожежі можуть бути: порушення технологічного процесу; паління в невстановленому місці; несправність електрообладнання та електропроводки; розряди статичної електрики. Згідно ОНТП 24-86 приміщення для цієї апаратури відносять до категорії В – пожежонебезпечні (Горючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини, матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти) та СНиП2.01.02. – 85 клас зони П–Па (ПУЕ), будівля відноситься до 1-ого ступеня вогнестійкості.

В приміщенні встановлені димові повідомлювачі РУОП, які спрацьовують при появі диму.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засобом захисту від статичної електрики є заземлення.

При виникненні пожежі необхідно, не зволікаючи, вимкнути вентиляцію (як приточну, так і витяжну), а швидкість машини знизити до мінімальної. Зупинити машину слід по особливому розпорядженню.

Також при первинній пожежній небезпеці повинні бути здійсненні первинні заходи пожежегасіння. Первинні засоби пожежегасіння призначені для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники вуг. ручн., пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо), автом САМ-9 S – 12м².

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент пофарбований у чорний колір.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлені у виробничому приміщенні. Такі бочки укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8 л.

Ящики для піску мають місткість 0,5, 1,0 та 3,0 м³ та укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини мають розмір 2х2 м.

Протипожежна безпека сушильної частини ПРМ відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

Крім перерахованих заходів безпеки, обслуговуючий персонал перед роботою проходить інструктаж з техніки безпеки й правил технічної експлуатації. Також ведеться контроль за виконанням цих правил.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Повітря робочої зони

Вимоги праці на сушильній частині ПРМ: категорія – середньої ваги 2а (енерговитрати 150...200 ккал/годин), забезпечено оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості вітру в робочій зоні:

- а) для холодного та перехідного періодів температура 18...20°C, відносна вологість 40...60% та швидкість вітру не більше 0,2 м/с;
- б) для теплого періоду температура 21...23°C, відносна вологість 75% та швидкість повітря не більше 0,3 м/с.

Повітря робочої зони відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

На даній сушильній частині ПРМ встановлено ковпак конвективного сушіння закритого типу.

Вентиляція в цеху природна, організована, приточновитяжна. Вентиляція сушильної частини ПРМ відповідає вимогам СНиП 2.04.05 – 86.

4.6 Вибухобезпека

Як відомо з рівняння роботи вибуху, при адіабатичному розширенні газу виникає потужність великої руйнівної сили. В цьому випадку страждають не тільки робітники, які обслуговують устаткування, але й ті, що знаходяться поблизу. Ковпак конвективного сушіння працює разом з лоцильним циліндром сушильної частини ПРМ, який працює під тиском до 0,8 МПа та є об'єктом реєстрації та контролю Держтехнагляду.

Для забезпечення безпечної праці використана система автоматичного регулювання тиску пари, що поступає в лоцильний циліндр та ковпак конвективного сушіння. Циліндр підлягає гідравлічному випробуванню при надлишковому тиску $P = (1,2 \dots 1,5)P_{\text{ном}}$.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.7 Освітлення на робочих місцях

Для цеху висотою до 10 м, в якому знаходиться ПРМ, передбачено природне та штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходить точкові джерела світлу (лампи ДРЛ) та світлодіодні лампи(800лм) $W=8$ Вт, які мають велику світлову віддачу, великий строк служби. У відповідності з нормами освітлення для даного устаткування та 4-го розряду зорових робіт нормоване значення освітлення $E_n = 200$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,8$ відповідно до ДБН2,5.28-2006.

Лампи створюють світло, приблизне за яскравістю до природного. Для даного цеху також передбачено бокове освітлення (через світові отвори в стінах).

Загальна освітленість складає $E_{\phi} = 250$ лк та відповідає вимогам ДБН2,5.28-2006.

4.8 Небезпека дії рухомих та обертових частин

Найбільшу небезпеку для обслуговуючого персоналу при роботі на сушильній частині ПРМ несе місце виходу паперу на лощильний циліндр та вузли рухомих шаберів.

Також небезпечними є зубчата передача приводу циліндра та приводів складових частин обладнання, а також обертові частини механізму заправки паперу. Для запобігання травматизму всі небезпечні ділянки обладнані огорожами. Всі робочі площадки мають огорожу з відбійною полоєю. Висота огорожі 1200...1500 мм, а відбійна полоса не менше 150 мм, що відповідає вимогам ГОСТ 12.2.062 - 81.

Дозволяється при роботі машини на ходу виконувати наступні операції:

- заправку полотна на швидкості, безпечній для обслуговуючого персоналу (заправочній швидкості);
- видалення маси з сітководучих валів водою зі шлангу;

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- видалення браку з валів пресової частини стисненим повітрям, спеціальними шкребками або пилососом;

- видалення маси і обривків полотна з обладнання (сукноведучих валиків, шаберів сушильних циліндрів та ін.) стисненим повітрям зі шлангу.

Для обслуговування машини, а також для безпечного проходу до місць роботи передбачені містки, проходи, сходи та площадки.

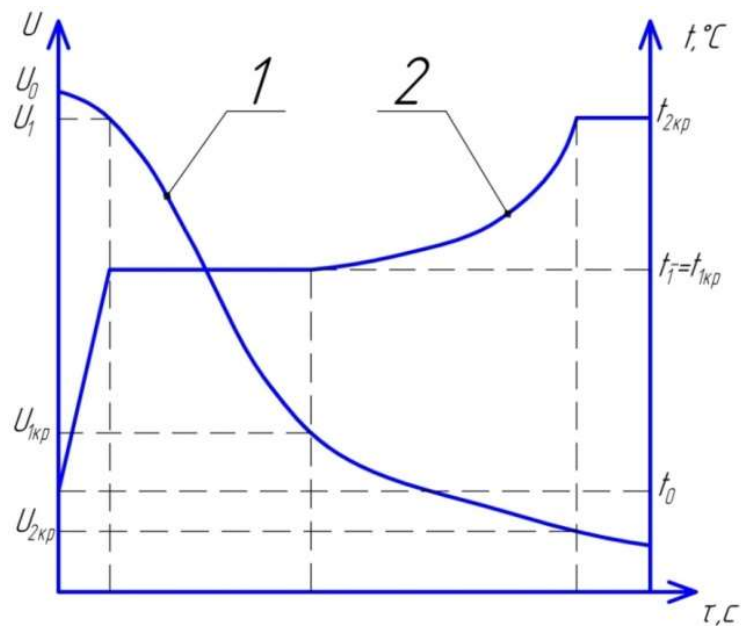
					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Тепловий розрахунок сушильної частини

Метою розрахунку є визначення з достатньою точністю активної поверхні теплообміну лоцильного циліндра та його діаметру.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.1.



1 – крива зміни вологовмісту; 2 – крива зміни температури

Рисунок 5.1 – Зміна вологовмісту та температури на різних стадіях сушіння

Вихідні дані:

Швидкість машини $V, \frac{\text{м}}{\text{с}} (\frac{\text{м}}{\text{хв}})$	20,8 (1248);
Ширина паперового полотна $B, \text{м}$	4,25;
Маса 1 м ² паперу $g, \frac{\text{г}}{\text{м}^2}$	32;
Початкова сухість паперу $S_0, \%$	52;
Кінцева сухість паперу $S_{\kappa}, \%$	95;

Тиск пари P , МПа

0,8.

Розрахунок робочої поверхні лоцильного циліндра проводиться за методикою, наведеною в [9].

Вологість паперу:

$$W = 1 - S_k = 1 - 0,95 = 0,05.$$

Продуктивність машини по абсолютно сухій масі паперу:

$$G_{a.c.n.} = BVg(1 - W) = 4,25 \cdot 20,8 \cdot 0,032 \cdot (1 - 0,05) = 2,687 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Початковий вологовміст паперового полотна:

$$U_0 = \frac{1 - S_0}{S_0} = \frac{1 - 0,52}{0,52} = 0,923.$$

Вологовміст паперового полотна в кінці періоду прогріву:

$$U_k = \frac{1 - S_k}{S_k} = \frac{1 - 0,95}{0,95} = 0,053.$$

Кінцевий вологовміст паперового полотна:

$$U_1 = U_0 - 0,1 \cdot U_0 = 0,9U_0 = 0,9 \cdot 0,923 = 0,831.$$

Критичний вологовміст $U_{1к}$, при якому починає підвищуватись температура полотна паперу, залежить від початкової сухості та товщини полотна. Для санітарно – гігієнічних видів паперу: $U_{1к} = 0,65$ [9].

Середня температура паперу в періоді прогріву:

$$\bar{t}_{np} = \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{20 + 94}{2} = 57^\circ \text{C}.$$

Середня температура паперу в першому періоді сушіння:

$$\bar{t}_1 = \frac{t_1 + t_{1кр}}{2} = \frac{94 + 94}{2} = 94^\circ \text{C}.$$

Середня температура паперу в другому періоді сушіння:

$$\bar{t}_2 = \frac{t_{1кр} + t_{2кр}}{2} = \frac{94 + 115}{2} = 104,5^\circ \text{C}.$$

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Абсолютний тиск пари:

$$P' = P + 1 = 0,8 + 0,1 = 0,9 \text{ атм} = 0,9 \text{ МПа}.$$

Температура насичення за абсолютного тиску:

$$t_s = 174,53^\circ \text{C} [10].$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{4000} + \frac{0,02}{47} + \frac{1}{800}} = 519,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}},$$

де $\alpha_1 = 4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від пари до внутрішньої стінки циліндра;

$S = 0,02 \text{ м}$ – товщина стінки циліндра;

$\alpha_2 = 800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки циліндра до паперового полотна [9];

$\lambda = 47 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності стінки.

Питомий тепловий потік в період прогріву:

$$q_{np} = k(t_s - \bar{t}_{np}) = 519,3 \cdot (174,53 - 57) = 61040 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Питомий тепловий потік в перший період сушіння:

$$q_1 = k(t_s - \bar{t}_1) = 519,3 \cdot (174,53 - 94) = 41820 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Питомий тепловий потік в другий період сушіння:

$$q_2 = k(t_s - \bar{t}_2) = 519,3 \cdot (174,53 - 104,5) = 36370 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Кількість теплоти, що сприймається паперовим полотном, в періоді прогріву:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$Q_{np} = \frac{1}{\psi_{np}} G_{a.c.n.} [(C_n + U_1 C_e)(t_1 - t_0) + (U_0 - U_1)r_0] = \frac{1}{0,95} \cdot 2,687 \times \\ \times [(1,43 + 0,831 \cdot 4,19) \cdot (94 - 20) + (0,923 - 0,831) \cdot 2364] = 1645 \text{ кВт},$$

де $\psi_{np} = 0,95$ – тепловий ККД в період нагріву паперового полотна;

$C_n = 1,43 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}}$ – теплоємність повітря;

$C_e = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \times \text{К}}$ – теплоємність води [11];

$r_1 = 2364 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – питома теплота пароутворення в періоді прогріву [10].

Кількість теплоти, що сприймається паперовим полотном, в першому періоді сушіння:

$$Q_1 = \frac{1}{\psi_1} G_{a.c.n.} (U_1 - U_{1kp}) r_1 = \frac{1}{0,91} \cdot 2,687 \cdot (0,830 - 0,65) \cdot 2271 = 1212 \text{ кВт},$$

де $\psi_1 = 0,91$ – тепловий ККД в перший період сушіння паперового полотна;

$r_2 = 2271 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – питома теплота пароутворення в першому періоді сушіння [10].

Кількість теплоти, що сприймається паперовим полотном, в другому періоді сушіння:

$$Q_2 = \frac{1}{\psi_2} G_{a.c.n.} [(C_n + U_2 C_e)(t_2 - t_{1kp}) + (U_{1kp} - U_{2kp})r_2] = \frac{1}{0,78} \cdot 2,687 \times \\ \times [(1,43 + 0,02 \cdot 4,19) \cdot (104,5 - 94) + (0,65 - 0,02) \cdot 2244] = 4925 \text{ кВт};$$

де $\psi_2 = 0,78$ – тепловий ККД в другий період сушіння паперового полотна;

$r_3 = 2244 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – питома теплота пароутворення в другому періоді сушіння [10].

Кількість гріючої пари:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$Q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{нр}} + Q_1 + Q_2}{r} = \frac{1645 + 1212 + 4925}{2270} = 3,443 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де $r=2270$ – питома теплота конденсації за абсолютного тиску $P_{\text{абс}}=0,9$ МПа.

Кількість теплоти перегріву пари :

$$Q_{\text{нр}} = Q_{\text{зн}} C_{\text{нр}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}}) = 3,443 \cdot 1,19 \cdot (185 - 174) = 45,06 \text{ кВт},$$

де $C_{\text{нр}} = 1,19 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \times \text{К}}$ – теплоємність пари.

Площа поверхні циліндру (площа теплообміну):

$$F = \pi D_{\text{ц}} B = 3,14 \cdot 6 \cdot 4,25 = 80,11 \text{ м}^2.$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega l}{\nu} = \frac{30 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6}} = 6000,$$

де $\omega = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – середня швидкість повітря в соплах;

$l = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – діаметр сопла;

$\nu = 25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – кінематична в'язкість повітря.

Тепловий критерій Нусельта

$$\text{Nu} = 0,07 \text{Re}^{0.75} = 0,07 \cdot 6000^{0.75} = 47,72.$$

Коефіцієнт конвективного теплообміну:

$$\alpha_{\kappa} = \frac{\text{Nu} \lambda}{l} = \frac{47,72 \cdot 2,8 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-3}} = 267,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}.$$

Конвективна складова питомого теплового потоку в періоді прогіву:

$$q_{\text{прконв}} = \alpha_{\kappa} (t_{\text{нов}} - \bar{t}_{\text{нр}}) = 267,2 \cdot (400 - 57) = 91650 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

де $t_{\text{нов}} = 400^{\circ}\text{C}$ – температура повітря, що подається під ковпак конвективного сушіння [9].

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Конвективна складова питомого теплового потоку в першому періоді сушіння:

$$q_{1\text{конв}} = \alpha_{\kappa} (t_{\text{нов}} - \bar{t}_1) = 267,2 \cdot (400 - 94) = 81763 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Конвективна складова питомого теплового потоку в другому періоді сушіння:

$$q_{2\text{конв}} = \alpha_{\kappa} (t_{\text{нов}} - \bar{t}_2) = 267,2 \cdot (400 - 104,5) = 78958 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Загальний питомий тепловий потік в період прогріву:

$$q'_{np} = q_{np} + q_{np\text{конв}} = 61037 + 91649 = 152687 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Загальний питомий тепловий потік в першому періоді сушіння:

$$q'_1 = q_1 + q_{1\text{конв}} = 41822 + 81763 = 123585 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Загальний питомий тепловий потік в другому періоді сушіння:

$$q'_2 = q_2 + q_{2\text{конв}} = 36369 + 78958 = 115327 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Робоча поверхня циліндра за період прогріву:

$$F_{np} = \frac{Q_{np}}{q'_{np}} = \frac{1645 \cdot 10^3}{152687} = 10,78 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня циліндра за перший період сушіння:

$$F_1 = \frac{Q_1}{q'_1} = \frac{1212 \cdot 10^3}{123585} = 9,81 \text{ м}^2.$$

Робоча поверхня циліндра за другий період сушіння:

$$F_2 = \frac{Q_2}{q'_2} = \frac{4925 \cdot 10^3}{115327} = 42,71 \text{ м}^2.$$

Загальна робоча поверхня циліндра:

$$F_{\text{заг}} = F_{np} + F_1 + F_2 = 10,78 + 9,81 + 42,71 = 63,3 \text{ м}^2.$$

Розміри ковпака конвективного сушіння залежать від розмірів лоцильного циліндра. Тоді розрахунковий діаметр лоцильного циліндра:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$D_0 = \frac{F_{заг}}{\pi B \varphi} = \frac{63,3}{3,14 \cdot 4,25 \cdot 0,86} = 5,512 \text{ м},$$

де $\varphi = 0,86$ – частка охоплення циліндра полотном [9].

Висновок: оптимальним для знайденої робочої поверхні лоцильного циліндра діаметром, який задовольняв би продуктивну роботу даного апарата, приймаємо $D_0 = 6 \text{ м}$.

5.2 Розрахунок корпусу лоцильного циліндру на міцність

Метою розрахунку є перевірка корпусу лоцильного циліндру на міцність.

Схема навантажень показана на рис. 5.2

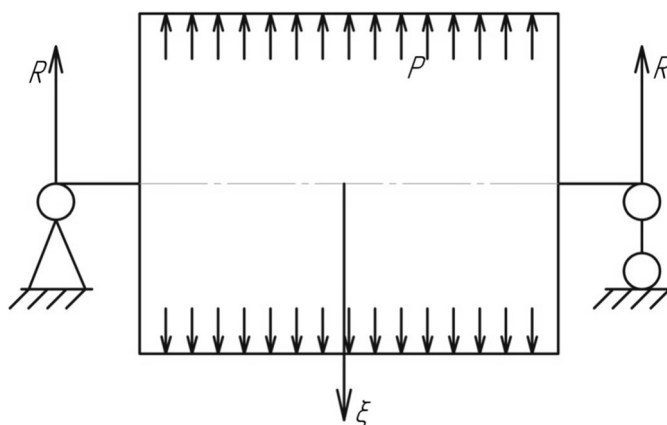


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема лоцильного циліндра

Вихідні дані:

Тиск пари P , МПа	0,8;
Зовнішній діаметр D_0 , м	6;
Довжина оболонки L , м	4,8;
Відстань між фланцями L_1 , м	4,44;
Висота ребра S_r , м	0,037;
Ширина ребра b , м	0,0175;
Довжина ребра t , м	0,03;
Матеріал	Ст3;

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Розрахунок товщини стінки.

Коефіцієнт запасу міцності $s = 7$ [12].

Необхідна товщина стінки в коловому напрямку:

$$S_{e1} = \frac{D_0 p}{\frac{2\sigma_p}{s} + p} - \frac{S_r b}{t} = \frac{6 \cdot 0,8 \cdot 10^6}{\frac{2 \cdot 420 \cdot 10^6}{7} + 0,8 \cdot 10^6} - \frac{0,037 \cdot 0,0175}{0,03} = 0,018 \text{ м},$$

де $\sigma_p = 420$ МПа – границя міцності при розтягуванні [13].

Необхідна товщина стінки в поздовжньому напрямку:

$$S_{e2} = \frac{D_0 p}{6\sigma_p} s = \frac{6 \cdot 0,8 \cdot 10^6}{6 \cdot 420 \cdot 10^6} \cdot 7 = 0,013 \text{ м}.$$

Приймаємо товщину стінки $S=0,02$ м.

$$S_{e1} = 0,018 \text{ м} < S = 0,02 \text{ м};$$

$$S_{e2} = 0,013 \text{ м} < S = 0,02 \text{ м}.$$

Запас міцності:

$$\tau = \frac{S - S_{emax}}{S_{emax}} = \frac{0,02 - 0,018}{0,018} = 0,102,$$

де S_{emax} – максимальне розрахункове значення товщини стінки:

$$S_{emax} = \max\{S_{e1}; S_{e2}\} = \max\{0,018; 0,013\} = 0,018 \text{ м}.$$

Висновок: умова міцності виконується. Запас міцності складає 0,102.

Розрахунок напружень, які виникають в корпусі циліндру. Визначення надлишкового тиску, який виникає в корпусі циліндру.

Напруження всередині корпусу в поперечному напрямку:

$$\sigma_1 = \frac{p D_0}{2 S \varphi} = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,02 \cdot 2,079} = 57,72 \cdot 10^6 \text{ Па} = 57,72 \text{ МПа},$$

$$\text{де } \varphi = 1 + \frac{S_r b}{S t} = 1 + \frac{0,037 \cdot 0,0175}{0,02 \cdot 0,03} = 2,079.$$

Напруження в середині корпусу в поздовжньому напрямку:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$\sigma_2 = \frac{pD_0}{6S} = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{6 \cdot 0,02} = 40 \cdot 10^6 \text{ Па} = 40 \text{ МПа.}$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поздовжньому напрямку відносно внутрішнього діаметра:

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= \frac{pD_0}{2S} \left[\frac{1}{3} + \frac{22}{9\sqrt{5\varphi}} \right] = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,02} \left[\frac{1}{3} + \frac{22}{9\sqrt{5 \cdot 2,079}} \right] = \\ &= 131 \cdot 10^6 \text{ Па} = 131 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поздовжньому напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\begin{aligned} \sigma_4 &= \frac{pD_0}{2S} \left[\frac{1}{3} - \frac{22}{9\sqrt{5\varphi}} \right] = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,02} \left[\frac{1}{3} - \frac{22}{9\sqrt{5 \cdot 2,079}} \right] = \\ &= -50,98 \cdot 10^6 \text{ Па} = -50,98 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поперечному напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\begin{aligned} \sigma_5 &= \frac{pD_0}{2S} \left[\frac{1}{12\varphi} - \frac{11}{18\sqrt{5\varphi}} \right] = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 6}{2 \cdot 0,02} \left[\frac{1}{12 \cdot 2,079} - \frac{11}{18\sqrt{5 \cdot 2,079}} \right] = \\ &= -17,93 \cdot 10^6 \text{ Па} = -17,93 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Напруження, спричинені відцентровою силою, яка виникає в корпусі циліндру.

Напруження в середині корпусу в поперечному та поздовжньому напрямках відповідно:

$$\sigma_6 = \rho V_{\text{п}}^2 = 7800 \cdot 20,8^2 = 3,375 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3,375 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{ср,д}} = \rho V_{\text{д}}^2 = 0,$$

де $\rho = 78000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина сталі [13].

$$V_{\text{п}}=V=20,8; V_{\text{д}}=0.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поздовжньому напрямку відносно внутрішнього та зовнішнього діаметрів відповідно:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$\sigma_7 = \rho V^2 \frac{8}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = 7800 \cdot 20,8^2 \cdot \frac{8}{3} \sqrt{\frac{2,079}{5}} = 5,803 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5,803 \text{ МПа};$$

$$\sigma_8 = -\rho V^2 \frac{8}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = -7800 \cdot 20,8^2 \cdot \frac{8}{3} \sqrt{\frac{2,079}{5}} = -5,803 \cdot 10^6 \text{ Па} = -5,803 \text{ МПа}.$$

Напруження на переході від корпусу до фланця в поперечному напрямку відносно внутрішнього та зовнішнього діаметрів відповідно:

$$\sigma_9 = \rho V^2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = 7800 \cdot 20,8^2 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2,079}{5}} = 1,451 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,451 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{10} = -\rho V^2 \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\varphi}{5}} = -7800 \cdot 20,8^2 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2,079}{5}} = -1,451 \cdot 10^6 \text{ Па} = -1,451 \text{ МПа}.$$

Визначення щільності теплового потоку, який виникає в корпусі циліндру.

Напруження в середині корпусу в поперечному напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= E \alpha \vartheta_s \left[\frac{4}{9} + \frac{\varphi - 1}{\varphi} \left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{S \alpha_1} \right) \right] = \\ &= 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 26,38 \left[\frac{4}{9} + \frac{2,079 - 1}{2,079} \left(\frac{1}{2} + \frac{47}{0,02 \cdot 4000} \right) \right] = \\ &= 41,32 \cdot 10^6 \text{ Па} = 41,32 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

де $E = 1,35 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – модуль пружності;

$\alpha = 11,5 \cdot 10^{-6}, \text{ К}^{-1}$ – коефіцієнт теплового розширення [13];

$\alpha_1 = 4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі.

Перепад температур в стінці корпусу:

$$\vartheta_s = q \frac{S}{\lambda} = 62000 \frac{0,02}{47} = 26,38 \text{ К},$$

де $q = 62000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ – очікувана густина теплового потоку;

$\lambda = 47 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності [13].

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Напруження в середині корпусу в поздовжньому напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\sigma_{12} = \frac{4}{9} E \alpha \vartheta_s = \frac{4}{9} \cdot 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 26,38 =$$

$$= 18,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 18,2 \text{ МПа.}$$

Напруження на переході від корпусу до фланця відносно зовнішнього діаметра в поперечному та поздовжньому напрямках відповідно:

$$\sigma_{13} = E \alpha \vartheta_s \left[\frac{4}{9} + \left(1 + \frac{2}{3\sqrt{5\varphi}} \right) \left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{S \alpha_1} \right) \right] =$$

$$= 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 26,38 \left[\frac{4}{9} + \left(1 + \frac{2}{3\sqrt{5 \cdot 2,079}} \right) \left(\frac{1}{2} + \frac{47}{0,02 \cdot 4000} \right) \right] =$$

$$= 71,96 \cdot 10^6 \text{ Па} = 71,96 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{14} = E \alpha \vartheta_s \left[\frac{4}{9} + \frac{8}{3\sqrt{5\varphi}} \left(\frac{1}{2} + \frac{\lambda}{S \alpha_1} \right) \right] =$$

$$= 1,35 \cdot 10^{11} \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 26,38 \left[\frac{4}{9} + \frac{8}{3\sqrt{5 \cdot 2,079}} \left(\frac{1}{2} + \frac{47}{0,02 \cdot 4000} \right) \right] =$$

$$= 55,04 \cdot 10^6 \text{ Па} = 55,04 \text{ МПа.}$$

Визначення тиску в корпусі циліндру.

Напруження в середині корпусу в поперечному напрямку відносно зовнішнього діаметра:

$$\sigma_{15} = \frac{1}{2} p \sqrt[4]{D_0 L^2} H^{-\frac{7}{8}} = \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot 10^3 \sqrt[4]{6 \cdot 4,8^2} \cdot (2,798 \cdot 10^{-3})^{-\frac{7}{8}} =$$

$$= 26,45 \cdot 10^6 \text{ Па} = 26,45 \text{ МПа},$$

$$\text{де } H = S^2 \frac{\left[1 + \frac{b S_r^3}{t S^3} \right] \left[1 + \frac{b S_r}{t S} \right] + 3 \frac{b S_r}{t S} \left[1 + \frac{S_r}{S} \right]^2}{1 + \frac{b S_r}{t S} \left[2 + \frac{S_r}{S} \right]} =$$

$$= 0,02^2 \frac{\left[1 + \frac{0,0175 \cdot 0,037^3}{0,03 \cdot 0,02^3} \right] \left[1 + \frac{0,0175 \cdot 0,037}{0,03 \cdot 0,02} \right] + 3 \frac{0,0175 \cdot 0,037}{0,03 \cdot 0,02} \left[1 + \frac{0,037}{0,02} \right]}{1 + \frac{0,0175 \cdot 0,037}{0,03 \cdot 0,02} \left[2 + \frac{0,037}{0,02} \right]}$$

$$= 2,798 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\sigma_{16} \approx \frac{1}{4} \sigma_{15} = \frac{1}{4} \cdot 26,45 = 6,612 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{17} \leq \frac{1}{4} \sigma_{15} = \frac{1}{4} \cdot 26,45 = 6,612 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{18} = \sigma_{15} = 26,45 \text{ МПа}.$$

Всі розраховані вище напруження заносимо до таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Напруження, що виникають в корпусі лощильного циліндру

	Величина напруження, МПа				
Фактори	Надлишковий тиск	Відцентрова сила	Щільність теплового потоку	Лінійний тиск	Сума
σ_1	57,72	3,375	41,32	26,45	128,9
σ_2	40	0	6,612	6,612	53,22
σ_3	131	5,8	—	—	136,8
σ_4	−50,98	−5,8	55,04	26,45	24,71
σ_5	−17,93	−1,451	71,96	6,612	59,18

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_p}{n} = \frac{420}{2,2} = 190,9 \text{ МПа},$$

де n – коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності корпусу циліндра:

$$\sigma_{\text{розр}} \leq [\sigma]$$

де $\sigma_{\text{розр}}$ – будь-яке розраховане вище напруження.

З таблицею 5.1 видно, що будь-яке розраховане раніше напруження менше допустимого, а отже, умова міцності виконується. Міцність корпусу циліндра забезпечена.

Таким чином, остаточно приймаємо товщину стінки корпусу циліндра $S = 0,02$ м.

5.3 Розрахунок кришки циліндру на міцність

Метою розрахунку є перевірка на міцність кришки лощильного циліндра. Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3

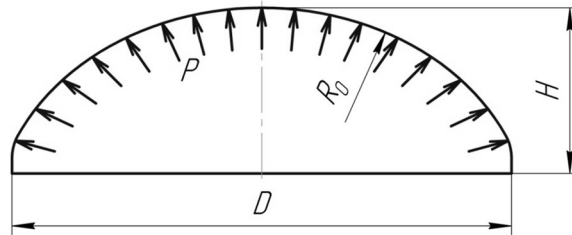


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема кришки циліндра

Вихідні дані:

Матеріал кришки	ВЧ40
Радіус кривизни R_0 , м	1,35;
Тиск пари P , МПа	0,8;
Розрахунок оболонки кришки ведемо за методикою викладеною в [11].	

Оскільки конструктивно кришка циліндру подібна до еліптичного днища, то розраховуємо її як еліптичне днище.

Приймаємо розрахункову товщину стінки кришки $S_e = 0,06$ м.

Напруження в оболонці кришки, враховуючи вплив надрізу не обрамленого стовщенням лазу:

$$\sigma = \frac{2PR_0}{S_e} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1,35}{0,06} = 36 \cdot 10^6 \text{ Па} = 36 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{205}{3,5} = 58,57 \text{ Мпа,}$$

де $\sigma = \sigma(200^{\circ}\text{C}) = 205, \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 3,5$ – коефіцієнт запасу міцності [13].

Перевірка умови міцності:

$$\sigma = 36 \text{ МПа} < [\sigma] = 58,57 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується. Міцність оболонки кришки забезпечена.

Отже, остаточно приймаємо товщину стінки кришки $S_e = 0,06 \text{ м}$.

5.4 Розрахунок пустотілого валу на міцність

Метою розрахунку є перевірка міцності пустотілого валу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.4

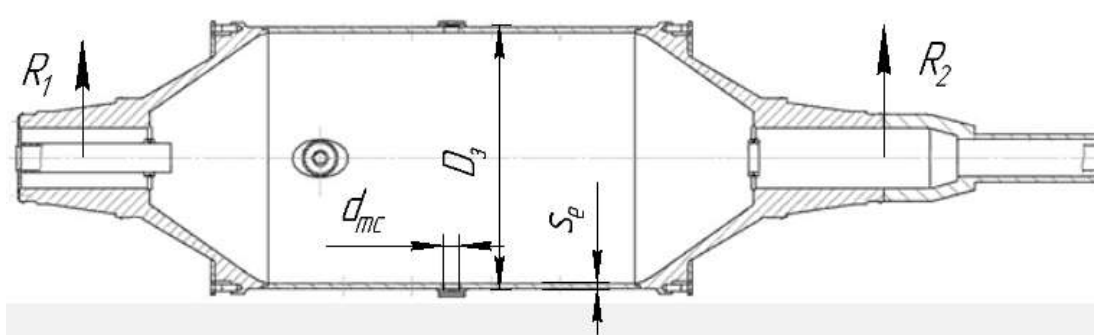


Рисунок 5.4 – Ескіз пустотілого валу

Вихідні дані:

Матеріал трубчастої частини:	Ст20;
Зовнішній діаметр $D_з$, м	2;
Діаметр поверхні різь $D_{пр}$, м	3,39;
Діаметр отвору для труби сифону $d_{тс}$, м	0,14;
Тиск пари P , МПа	0,8;
Матеріал конічної частини:	сталь 25Л;
Радіус переходу від трубчастої частини до конічної r , м	0,2;
Половина кута розтину φ , град	44;

5.4.1 Розрахунок трубчастої частини.

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [11].

Допустиме напруження для трубчастої частини:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{205}{1,5} = 136 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = \frac{\sigma'}{n'} = \frac{255}{1,1} = 232 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = 232 < 2[\sigma] = 2 \cdot 136 = 272,$$

де $\sigma' = \sigma(20^\circ\text{C}) = 255 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

$\sigma = \sigma(200^\circ\text{C}) = 205 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності для трубчастої частини за температури 200°C ;

$n' = 1,1$ – коефіцієнт запасу міцності для трубчастої частини за температури 20°C [13].

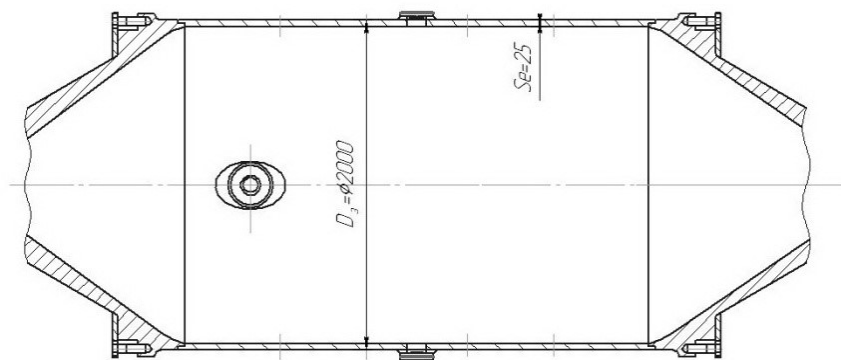


Рисунок 5.5 – Ескіз трубчастої частини пустотілого валу.

Приймаємо розрахункову товщину стінки трубчастої частини $S_e = 0,04 \text{ м}$.

Номінальне напруження в поздовжньому напрямку:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$\sigma_H = 2 \frac{P \frac{\pi D_{\text{пр}}^2}{4}}{\pi D_3 S_e} = 2 \frac{0,8 \cdot 10^6 \frac{\pi \cdot 3,39^2}{4}}{\pi \cdot 2 \cdot 0,04} = 57,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 57,5 \text{ МПа.}$$

Зменшення несучого поперечного перетину:

$$\gamma = \frac{\pi D_3}{\pi D_3 - 6 d_{\text{ТС}}} = \frac{\pi \cdot 2}{\pi \cdot 2 - 6 \cdot 0,14} = 1,15.$$

Умова міцності:

$$\gamma \sigma_H = 1,15 \cdot 57,5 = 66 \text{ МПа;}$$

$$\gamma \sigma_H < [\sigma'] = 232 \text{ МПа.}$$

Висновок: умова міцності виконується.

5.4.2 Розрахунок конічної частини.

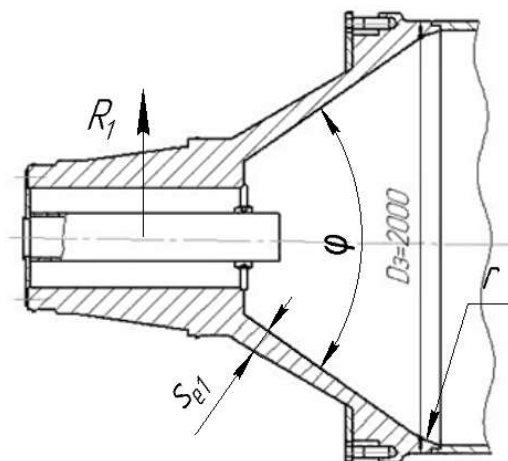


Рисунок 5.6 – Ескіз конічної частини пустотілого валу

Допустиме напруження для конічної частини:

$$[\sigma_1] = \frac{\sigma_1}{n_1} = \frac{176}{2,0} = 88 \text{ МПа;}$$

$$[\sigma'_1] = \frac{\sigma'_1}{n'_1} = \frac{226}{1,5} = 151 \text{ МПа;}$$

$$[\sigma'_1] = 151 \text{ МПа} < 2[\sigma_1] = 2 \cdot 88 = 172 \text{ МПа,}$$

де $\sigma'_1 = \sigma(20^\circ\text{C}) = 226 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$\sigma_1 = \sigma(200^\circ\text{C}) = 176 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 2$ – коефіцієнт запасу міцності для конічної частини за температури 200°C ;

$n' = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності для конічної частини за температури 20°C [13].

Приймаємо розрахункову товщину стінки конічної частини $S_{e1} = 0,1 \text{ м}$.

Визначаємо товщину стінки:

$$\beta\left(\frac{r}{D_3}; \varphi\right) = \beta(0,1; 44^\circ) = 2,2;$$

$$S = D_3 \cdot 2P \frac{\beta}{[\sigma_1']} = 2 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{2,2}{4 \cdot 151 \cdot 10^6} = 0,012 \text{ м}.$$

$$S = 0,012 \text{ м} < S_{e1} = 0,1 \text{ м};$$

$$S = D_3 \cdot 2P \frac{1}{\cos \varphi} \cdot \frac{1}{(2[\sigma_1'] - 2P)} =$$

$$= 2 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{\cos 44^\circ} \cdot \frac{1}{(2 \cdot 151 \cdot 10^6 - 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6)} = 0,015 \text{ м}.$$

$$S = 0,015 \text{ м} < S_{e1} = 0,1 \text{ м}.$$

Умова міцності виконується.

Отже, остаточно приймаємо товщину стінки трубчастої частини пустотілого валу $S_e = 0,04 \text{ м}$, конічної частини – $S_{e1} = 0,1 \text{ м}$.

5.5 Розрахунок цапфи на міцність

Метою розрахунку є перевірка міцності цапф лоцильного циліндра.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.7

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

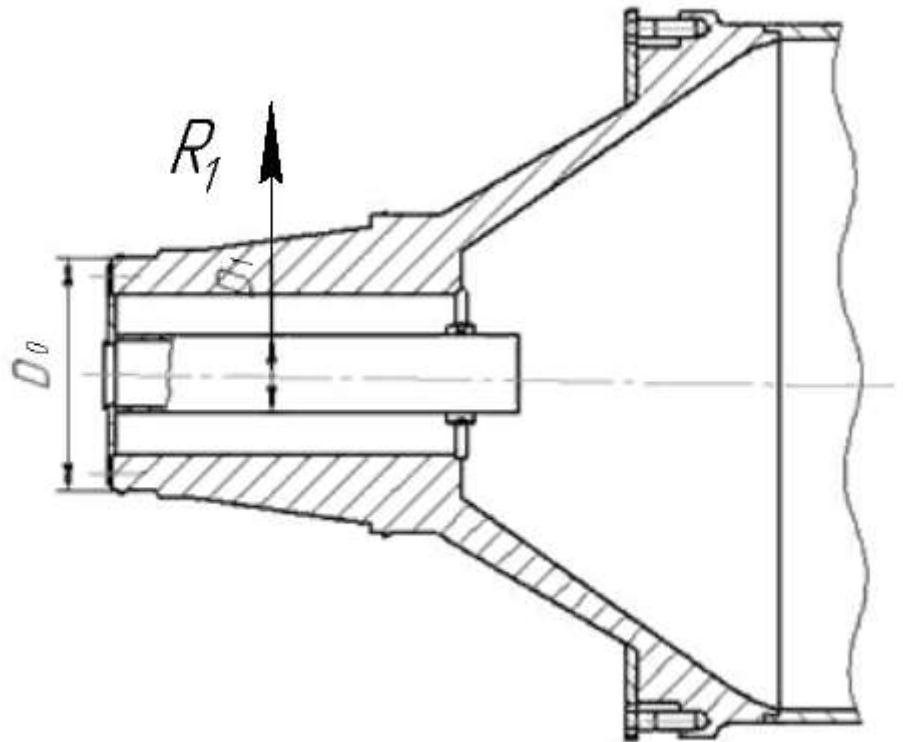


Рисунок 5.7 – Ескіз цапфи циліндра

Вихідні дані:

Матеріал цапфи:

сталь 25Л;

Максимальний внутрішній діаметр D_1 , м

0,46;

Мінімальний зовнішній діаметр D_0 , м

0,67.

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [11].

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{176}{2,0} = 88 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = \frac{\sigma'}{n'} = \frac{226}{1,5} = 151 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] < 2[\sigma];$$

$$[\sigma'_1] = 151 \text{ МПа} < 2[\sigma_1] = 2 \cdot 88 = 172 \text{ МПа},$$

де $\sigma' = \sigma(20^\circ\text{C}) = 226 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$\sigma = \sigma(200^{\circ}\text{C}) = 176 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 2$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 200°C ;

$n' = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 20°C [13].

Максимальне колове напруження:

$$\sigma = \frac{2p(D_0^2 + D_1^2)}{(D_0^2 - D_1^2)} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 (0,67^2 + 0,46^2)}{(0,67^2 - 0,46^2)} = 4,45 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,45 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:

$$\sigma \leq [\sigma'];$$

$$\sigma = 4,45 \text{ МПа} < [\sigma'] = 151 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується. Максимальне колове напруження складає $\sigma = 4,45 \text{ МПа}$.

5.6 Розрахунок зварного з'єднання кришки з пустотілим валом

Метою розрахунку є перевірка міцності зварного з'єднання.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.8

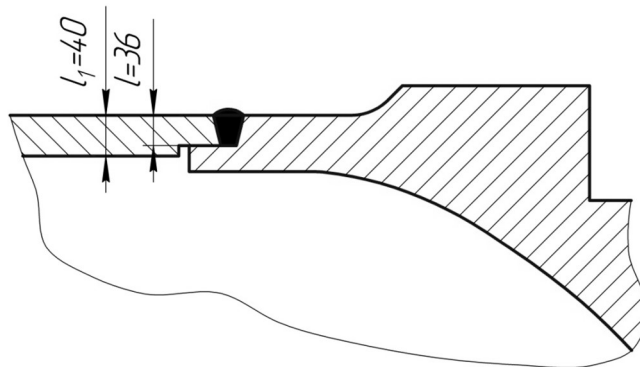


Рисунок 5.8 – Зварне з'єднання кришки з пустотілим валом

Вихідні дані:

Зовнішній діаметр D_3 , м 2,0;

Діаметр поверхні різь $D_{пр}$, м 3,39.

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [11].

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{176}{2,0} = 88 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = \frac{\sigma'}{n'} = \frac{226}{1,5} = 151 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] < 2[\sigma],$$

де $\sigma' = \sigma(20^\circ\text{C}) = 226 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

$\sigma = \sigma(200^\circ\text{C}) = 176 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 2$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 200°C ;

$n' = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 20°C [13].

Номінальне напруження в поздовжньому напрямку (випробування тиском):

$$\sigma = 2P \frac{\pi}{4} \frac{D_{\text{пр}}^2}{\pi(D_3 - l) \cdot l} = 2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \frac{\pi}{4} \frac{3,39^2}{\pi(2 - 0,036) \cdot 0,036} = 65 \cdot 10^6 \text{ Па} = 65 \text{ МПа}.$$

Вплив зварного шва:

$$\frac{\sigma}{v} = \frac{65}{0,85} = 76,5 \text{ МПа},$$

де $v = 0,85$ – фактор зварного шва [15].

$$\frac{\sigma}{v} = 76,5 \text{ МПа} < [\sigma'] = 151 \text{ МПа}.$$

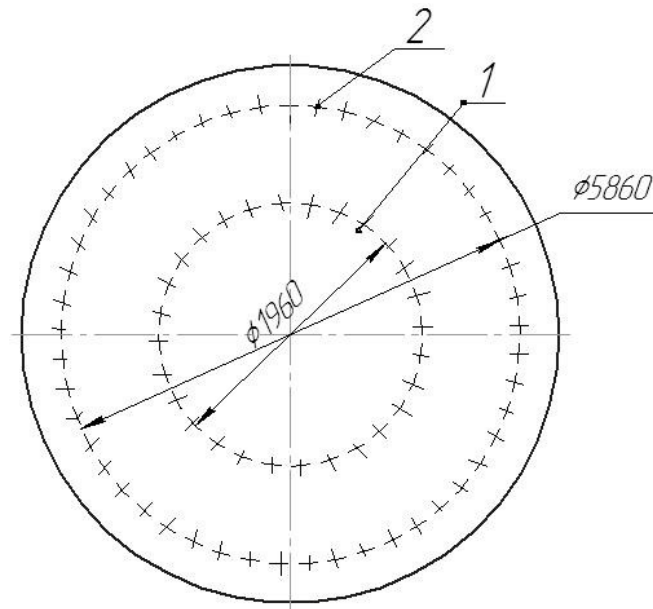
Висновок: умова міцності виконується.

5.7 Розрахунок болтів для кріплення кришки

Метою розрахунку є перевірка на міцність болтів для кріплення кришки до корпусу та пустотілого валу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.9

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60



1,2 – болтові з'єднання

Рисунок 5.9 – Розрахункова схема розташування болтів

Вихідні дані:

Діаметр ділильного кола зовнішній $D_{\text{зовн}}$, м	5,86;
внутрішній $D_{\text{вн}}$, м	1,96;
Діаметр поверхні різь $D_{\text{пр}}$, м	3,39;
Прокладка між кришкою та корпусом циліндра:	
Середній діаметр ущільнювальної поверхні $d_{\text{п}}$, м	5,86;
Ширина ущільнювальної поверхні $b_{\text{уп}}$, м	0,12;
Ширина прокладки $b_{\text{п}}$, м	0,06;
Різьбове з'єднання кришки та корпусу:	
Різьба	M42;
Кількість болтів $n_{\text{б}}$	64;
Внутрішній діаметр різьби $d_{\text{рв}}$, м	0,0359;
Прокладка між кришкою та пустотілим валом:	
Середній діаметр ущільнювальної поверхні $d_{\text{п1}}$, м	1,96;
Ширина ущільнювальної поверхні $b_{\text{уп1}}$, м	0,11;
Ширина прокладки $b_{\text{п1}}$, м	0,055;
Товщина прокладки $h_{\text{п1}}$, м	0,0015;

Різьбове з'єднання кришки та пустотілого валу:

Різьба М42;

Кількість болтів n_{61} 24;

Внутрішній діаметр різьби d_{pv1} , м 0,0359.

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [11].

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{635}{1,8} = 353 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = \frac{\sigma'}{n'} = \frac{700}{1,3} = 538 \text{ МПа},$$

де $\sigma' = \sigma(20^\circ\text{C}) = 700 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

$\sigma = \sigma(200^\circ\text{C}) = 635 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 1,8$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 200°C ;

$n' = 1,3$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 20°C [13].

Фланці оброблені з усіх боків $\varphi = 1$.

Розрахунок болтів для кріплення кришки до корпусу циліндра.

Навантаження болтів для кріплення кришки до оболонки від тиску пари:

$$F_{\Pi} = P \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{зовн}}^2 - D_{\text{пр}}^2) = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (5,86^2 - 3,39^2) = 14356 \cdot 10^3 \text{ Н} = \\ = 14356 \text{ кН}.$$

Мінімальна гвинтова сила робоча:

$$F_{\Pi p} = P \pi d_{\Pi} \cdot 1,2 k_1 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 5,86 \cdot 1,2 \cdot 0,054 = 954 \cdot 10^3 \text{ Н} = 954 \text{ кН},$$

$$\text{де } k_1 = 0,9 b_{\Pi} = 0,9 \cdot 0,06 = 0,054.$$

Мінімальна гвинтова сила під час попереднього навантаження:

$$F_{\Pi n} = 10^6 \pi d_{\Pi} k_0 k_{\Pi} = 10^6 \cdot \pi \cdot 5,86 \cdot 0,36 = 6628 \cdot 10^3 \text{ Н} = 6628 \text{ кН},$$

$$\text{де } k_0 k_{\Pi} = P_0 b_{\Pi} = 6 \cdot 0,06 = 0,36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Сумарне навантаження:

$$F_{\text{сп}} = F_{\text{п}} + F_{\text{пр}} = 14356 + 954 = 15310 \text{ кН.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби в робочих умовах:

$$d_p = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4nF_{\text{сп}}}{\pi\phi\sigma n_6}} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 15310 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 635 \cdot 10^6 \cdot 64}} =$$
$$= 0,032 \text{ м;}$$

$$d_p = 0,032 \text{ м} < d_{\text{рв}} = 0,0359 \text{ м.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при випробуванні тиском:

$$d'_p = \sqrt{\frac{4n' \cdot 2F_{\text{сп}}}{\pi\phi\sigma' n_6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 15310 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 64}} = 0,034 \text{ м.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при попередньому навантаженні:

$$d''_p = \sqrt{\frac{4n' \cdot F_{\text{пн}}}{\pi\phi\sigma' n_6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 6628 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 64}} = 0,016 \text{ м;}$$
$$d''_p = 0,0099 \text{ м} < d_{\text{рв}} = 0,0359 \text{ м.}$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок болтів для кріплення кришки до пустотілого валу

Навантаження болтів для кріплення кришки до пустотілого валу від тиску пари:

$$F_{\text{п}} = P \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{пр}}^2 - D_{\text{вн}}^2) = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (3,39^2 - 1,96^2) = 4807 \cdot 10^3 \text{ Н} =$$
$$= 4807 \text{ кН.}$$

Мінімальна гвинтова сила робоча:

$$F_{\text{пр1}} = P\pi d_{\text{п1}} \cdot 1,2k_{11} = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 1,96 \cdot 1,2 \cdot 0,072 =$$
$$= 426 \cdot 10^3 \text{ Н} = 426 \text{ кН,}$$

$$\text{де } k_{11} = 1,3b_{\text{п1}} = 1,3 \cdot 0,055 = 0,072.$$

Мінімальна гвинтова сила під час попереднього навантаження:

$$F_{\text{пн1}} = 10^6 \pi d_{\text{п1}} k_0 k_{\text{п1}} = 10^6 \cdot \pi \cdot 1,96 \cdot 1,211 = 7457 \cdot 10^3 \text{ Н} = 7457 \text{ кН;}$$

$$F'_{\text{пн1}} = 0,2F_{\text{пн1}} + 0,8\sqrt{F_{\text{сп1}}F_{\text{пн1}}} = 0,2 \cdot 7457 + 0,8\sqrt{5233 \cdot 7457} = 6489 \text{ кН,}$$

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

$$\text{де } k_0 k_{п1} = P_0 \sqrt{\frac{b_{п1}}{h_{п1}}} = 0,2 \sqrt{\frac{0,055}{0,0015}} = 1,211 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Сумарне навантаження:

$$F_{сп1} = F_{п1} + F_{пр1} = 4807 + 426 = 5233 \text{ кН}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби в робочих умовах:

$$d_{p1} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4nF_{сп1}}{\pi\phi\sigma n_{б1}}} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 5233 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 635 \cdot 10^6 \cdot 24}} =$$

$$= 0,03 \text{ м};$$

$$d_{p1} = 0,032 \text{ м} < d_{рв1} = 0,0359 \text{ м}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при випробуванні тиском:

$$d'_{p1} = \sqrt{\frac{4n' \cdot 2F_{сп1}}{\pi\phi\sigma' n_{б1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 5233 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 32}} = 0,032 \text{ м}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при попередньому навантаженні:

$$d''_{p1} = \sqrt{\frac{4n' \cdot F'_{пн1}}{\pi\phi\sigma' n_{б1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 6489 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 32}} = 0,025 \text{ м};$$

$$d''_{p1} = 0,025 \text{ м} < d_{рв1} = 0,0359 \text{ м}.$$

Висновок: умова міцності виконується. Отже, для кріплення кришки циліндра до його корпусу та пустотілого валу остаточно приймаємо болти М42.

5.8 Розрахунок кришки лазу на міцність

Метою розрахунку є перевірка міцності кришки лазу

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.10

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

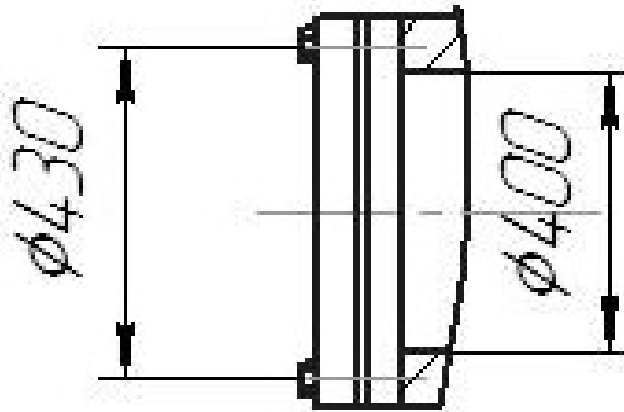


Рисунок 5.10 – Ескіз лаза кришки циліндра

Вихідні дані:

Матеріал:	Ст20;
Середній діаметр прокладки d_n , м	0,47;
Вплив фактору виду кріплення c	0,35;
Виконана товщина стінки S_e , м	0,03.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [12].

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{205}{1,5} = 136 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = \frac{\sigma'}{n'} = \frac{255}{1,1} = 232 \text{ МПа},$$

де $\sigma' = \sigma(20^\circ\text{C}) = 225 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

$\sigma = \sigma(200^\circ\text{C}) = 205 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 200°C ;

$n' = 1,1$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 20°C [13].

Необхідна товщина стінки:

$$S = c d_{\pi} \sqrt{\frac{2 p n'}{\sigma'}} = 0,35 \cdot 0,47 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1,1}{255 \cdot 10^6}} = 0,0137 \text{ м};$$

$$S < S_e = 0,03 \text{ м.}$$

Висновок: умова міцності виконується. Остаточного приймаємо товщину стінки кришки лазу $S_e = 0,03 \text{ м.}$

5.9 Розрахунок болтів для кріплення кришки лазу

Метою даного розрахунку є перевірка на міцність болтів для кріплення кришки лазу.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.11

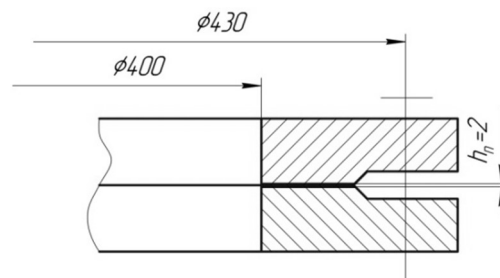


Рисунок 5.11 – Розрахункова схема кріплення кришки лазу

Вихідні дані:

Фланці оброблені з усіх боків φ 1,0;

Різьбове з'єднання

Різьба М24;

Кількість болтів n_b 12;

Внутрішній діаметр різьби d_{pv} , м 0,0199;

Середній діаметр ущільнювальної поверхні d_{π} , м 0,47;

Ширина ущільнювальної поверхні $b_{уп}$, м 0,06;

Ширина прокладки b_{π} , м 0,03;

Товщина прокладки h_{π} , м 0,002.

Розрахунок ведемо за методикою викладеною в [11].

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} = \frac{412}{1,8} = 229 \text{ МПа};$$

$$[\sigma'] = \frac{\sigma'}{n'} = \frac{440}{1,3} = 338 \text{ МПа},$$

де $\sigma' = \sigma(20^\circ\text{C}) = 440 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 20°C ;

$\sigma = \sigma(200^\circ\text{C}) = 412 \text{ МПа}$ – границя міцності матеріалу за температури 200°C ;

$n = 1,8$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 200°C ;

$n' = 1,3$ – коефіцієнт запасу міцності за температури 20°C [13].

Навантаження від тиску пари:

$$F_{\pi} = p \frac{\pi}{4} d_{\pi}^2 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,47^2 = 139 \cdot 10^3 \text{ Н} = 139 \text{ кН}.$$

Мінімальна гвинтова сила робоча:

$$\begin{aligned} F_{\text{пр}} &= p \pi d_{\pi} \cdot 1,2 k_1 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,47 \cdot 1,2 \cdot 0,039 = \\ &= 55 \cdot 10^3 \text{ Н} = 55 \text{ кН}, \end{aligned}$$

де $k_1 = 1,3 b_{\pi} = 1,3 \cdot 0,03 = 0,039 \text{ м}$.

Мінімальна гвинтова сила під час попереднього навантаження:

$$F_{\text{пн}} = 10^6 \pi d_{\pi} k_0 k_{\pi} = 10^6 \cdot \pi \cdot 0,47 \cdot 0,775 = 1144 \cdot 10^3 \text{ Н} = 1144 \text{ кН};$$

$$F'_{\text{пн}} = 0,2 F_{\text{пн}} + 0,8 \sqrt{F_{\text{сп}} F_{\text{пн}}} = 0,2 \cdot 1144 + 0,8 \sqrt{194 \cdot 1144} = 606 \text{ кН},$$

$$\text{де } k_0 k_{\pi} = p_0 \sqrt{\frac{b_{\pi}}{h_{\pi}}} = 0,2 \sqrt{\frac{0,03}{0,002}} = 0,775 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Сумарне навантаження:

$$F_{\text{сп}} = F_{\pi} + F_{\text{пр}} = 139 + 55 = 194 \text{ кН}.$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби в робочих умовах:

$$\begin{aligned} d_p &= \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4 n F_{\text{сп}}}{\pi \phi \sigma n_6}} = \frac{65}{15} \cdot 10^{-3} + \frac{14}{15} \sqrt{\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 194 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 412 \cdot 10^6 \cdot 12}} = \\ &= 0,0132 \text{ м}; \end{aligned}$$

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$d_p = 0,0132 \text{ м} < d_{pv} = 0,0199 \text{ м.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при випробуванні тиском:

$$d'_p = \sqrt{\frac{4n' \cdot 2F_{сп}}{\pi \varphi \sigma' n_6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 191 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 440 \cdot 10^6 \cdot 12}} = 0,011 \text{ м;}$$

$$d'_p = 0,011 \text{ м} < d_{pv} = 0,0199 \text{ м.}$$

Необхідний внутрішній діаметр різьби при попередньому навантаженні:

$$d''_p = \sqrt{\frac{4n' \cdot F'_{пн}}{\pi \varphi \sigma' n_6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 606 \cdot 10^3}{\pi \cdot 1,0 \cdot 440 \cdot 10^6 \cdot 12}} = 0,0138 \text{ м;}$$

$$d''_p = 0,0138 \text{ м} < d_{pv} = 0,0199 \text{ м.}$$

Висновок: умова міцності виконується. Таким чином, для кріплення кришки лазу остаточно приймаємо болти М24 у кількості 12 шт.

5.10 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою розрахунку є перевірка на міцність фланцевого з'єднання

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.12

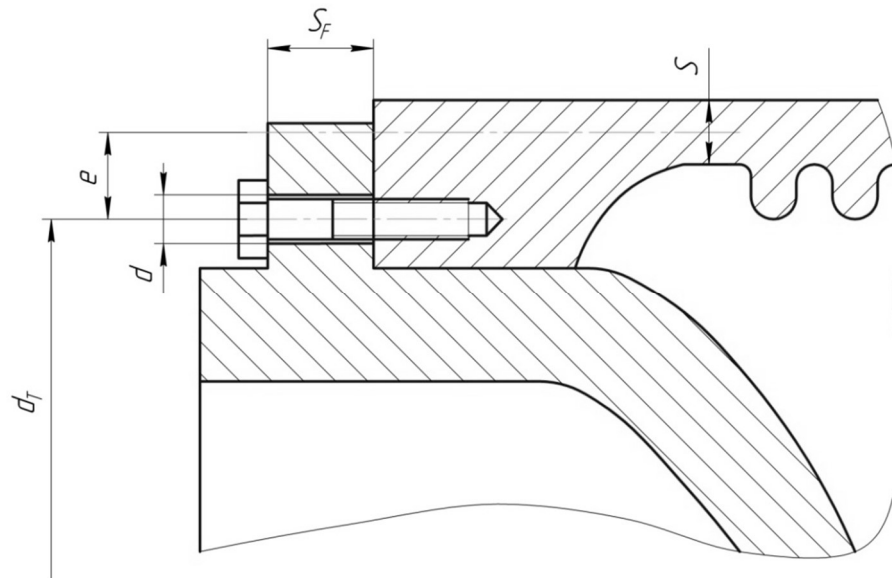


Рисунок 5.12— Розрахункова схема фланцевого з'єднання кришки з обичайкою

Вихідні дані:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Тиск пари P , МПа	0,8;
Діаметр циліндра D , м	6 ;
Товщина стінки циліндра S , м	0,02;
Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	60.

Програма розрахунку приведена в додатку В

Визначаємо момент:

$$M = P(DS)_M \left[\frac{11}{36\sqrt{5\varphi}} - \frac{e}{6S} \right], \quad (5.1)$$

де φ – визначено в п.5.2.

Напруження згину:

$$\sigma = \frac{6M}{S_F} \cdot \frac{\pi d_T}{\pi d_T - n}. \quad (5.2)$$

Умова міцності:

$$\sigma \leq [\sigma]. \quad (5.3)$$

За результатами комп'ютерного розрахунку маємо:

$$\sigma = 6,421 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 60 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується

5.11 Розрахунок паровпускної головки

Метою розрахунку: є визначення діаметра паропроводу паровпускної головки.

Ескіз паровпускної головки наведено на рисунку 5.13.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

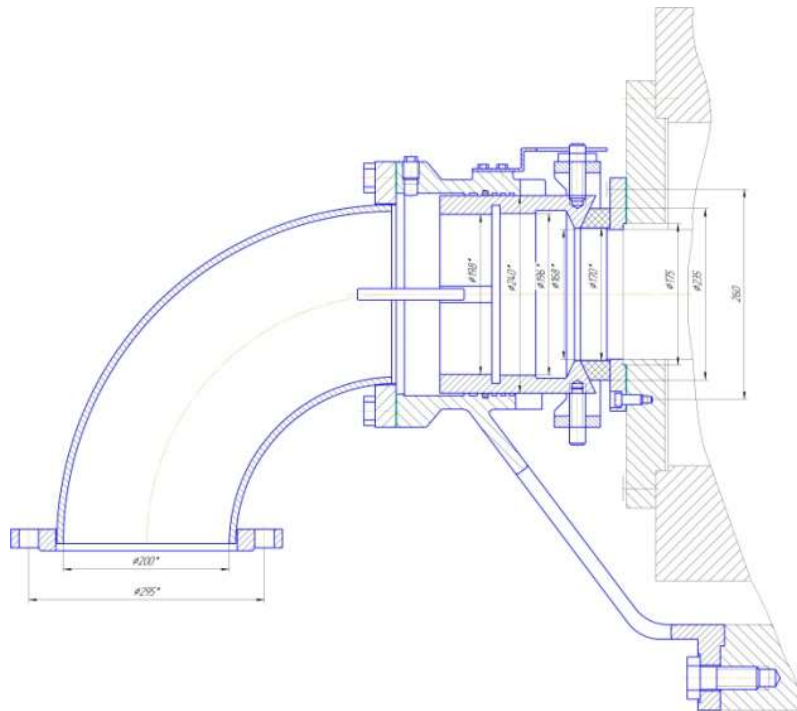


Рисунок 5.13 – Ескіз головки паровпускної

Вихідні дані:

Тиск пари P , МПа 0,8;

Кількість тепла, що сприймається паперовим полотном від поверхні циліндра:

на ділянці прогріву $Q_{пр}$, кВт 657,7;

на першій ділянці Q_1 , кВт 410,3;

на другій ділянці Q_2 , кВт 1553.

Розрахунок діаметра паропроводу паровпускної головки проводиться за методикою, наведеною в [16].

В залежності від абсолютного тиску пари ($P' = 0,9$ МПа) визначаємо питому теплоту пароутворення та питомий об'єм пари [9]:

$$r = 2270 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

$$V_{on} = 0,219 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}.$$

Загальна кількість тепла:

$$Q_{\Sigma} = Q_{np} + Q_1 + Q_2 = 657,7 + 410,3 + 1553 = 2621 \text{ кВт.}$$

Масова витрата пари:

$$G_n = \frac{Q_{\Sigma}}{r} = \frac{2621}{2270} = 1,155 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Діаметр паропроводу паровпускної головки визначається з рівняння витрат:

$$V = FW, \quad (5.4)$$

де V – об’ємна витрата пари, $\text{м}^3/\text{с}$;

F – площа поперечного перерізу паропроводу паровпускної головки, м^2 ;

$W = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість пари [10].

З другої сторони:

$$V = G_n V_{on}; \quad (5.5)$$

$$G_n V_{on} = FW; \quad (5.6)$$

$$F = \frac{G_n V_{on}}{W}; \quad (5.7)$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{G_n V_{pn}}{W}. \quad (5.8)$$

Звідки діаметр паропроводу паровпускної головки:

$$d = \sqrt{\frac{4G_n V_{pn}}{\pi W}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,443 \cdot 0,219}{3,14 \cdot 35}} = 0,096 \text{ м.}$$

Для випадку, коли сушіння буде відбуватись без ковпака швидкісного сушіння, кількість тепла, що сприймається паперовим полотном від поверхні циліндра:

на ділянці прогріву Q_{np} , кВт 1621;

на першій ділянці Q_1 , кВт 1212;

на другій ділянці Q_2 , кВт 4982.

Загальна кількість тепла:

$$Q_{\Sigma} = Q_{np} + Q_1 + Q_2 = 1621 + 1212 + 4982 = 7814 \text{ кВт.}$$

Масова витрата пари:

$$G_n = \frac{Q_{\Sigma}}{r} = \frac{7814}{2270} = 3,443 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Тоді діаметр паропроводу паровпускної головки:

$$d = \sqrt{\frac{4G_n V_{pn}}{\pi W}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,443 \cdot 0,219}{3,14 \cdot 35}} = 0,166 \text{ м.}$$

Висновок: отже, для забезпечення нормальної роботи сушильної частини приймаємо остаточно діаметр паропроводу паровпускної головки $d = 0,17 \text{ м}$.

5.12 Розрахунок підшипників

Метою розрахунку є вибір підшипників та забезпечення необхідної довговічності підшипників.

Вихідні дані:

Загальна вага циліндра $G, \text{Н}$	1064000;
Діаметр лоцильного циліндра $D, \text{м}$	6,0;
Товщина стінки корпусу циліндра $S, \text{м}$	0,02;
Довжина бочки циліндра $L, \text{м}$	4,8.

Розрахунок ведеться за методикою, викладеною в [17].

Згідно з рекомендаціями, наведеними в [18], вибираємо роликові радіальні сферичні дворядні підшипники серії діаметрів 7, серії ширини 3 31137/710, які мають наступні характеристиками: $d = 710 \text{ мм}$, $D = 1150 \text{ мм}$, $B = 345 \text{ мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 10200000 \text{ Н}$, статична вантажопідйомність $C_0 = 13700000 \text{ Н}$ [19].

Навантаження від ваги циліндра:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$q_u = \frac{G}{L} = \frac{1064000}{4,8} = 221700 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Навантаження від ваги конденсату:

$$q_K = 0,5 \frac{\pi}{4} (D - 2S)^2 \gamma = 0,5 \cdot \frac{\pi}{4} (6 - 2 \cdot 0,02)^2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 136800 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де $\gamma = 9,81 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$ – питома вага води.

Сумарне навантаження, розподілене по довжині бочки циліндра:

$$q = q_u + q_K = 221700 + 136800 = 358600 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Приведена сила:

$$Q = qA = 358600 \cdot 5,65 = 2026000 \text{ Н},$$

де $A = 5,65 \text{ м}$ – відстань між підшипниками.

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{np} = \frac{Q}{2} (Xk_k + 0,1Y) k_T k_\delta,$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження, $X = 1$ [14];

Y – коефіцієнт осьового навантаження, $Y = 0$ [14];

k_k – коефіцієнт обертання, $k_k = 1$ [14];

k_T – температурний коефіцієнт, $k_T = 1$ [14];

k_δ – коефіцієнт безпеки, $k_\delta = 1,2$ [14].

Оскільки $Y = 0$, то рівняння набуде вигляду:

$$Q_{np} = \frac{Q}{2} X k_k k_T k_\delta = \frac{2026000}{2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1216000 \text{ Н}.$$

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q_{np}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{10200000}{1194000} \right)^{\frac{10}{3}} = 1199 \text{ млн. обертів}.$$

Довговічність, год.:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$$L_h = \frac{L^0 \cdot 10^6}{60n_p} = \frac{1199 \cdot 10^6}{60 \cdot 150,3} = 133000 \text{ год} > [L_h] = 100000 \text{ год},$$

де $[L] = 100000 \text{ год}$ - допустима довговічність підшипника [14].

Маємо $L = 133000 \text{ год} > [L_h] = 100000 \text{ год}$.

Умова виконується, тому довговічність підшипника забезпечена.

Висновок: остаточно обираємо роликові радіальні сферичні дворядні підшипники ГОСТ 5721-75 серії діаметрів 7, серії ширини 3 31137/710, які мають наступні характеристики: $d = 710 \text{ мм}$, $D = 1150 \text{ мм}$, $B = 345 \text{ мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 10200000 \text{ Н}$, статична вантажопідйомність $C_0 = 13700000 \text{ Н}$ [19].

5.13 Розрахунок потужності приводу

Метою розрахунку є визначення потужності та вибір електродвигуна приводу.

Вихідні дані:

Швидкість машини $V, \frac{\text{м}}{\text{с}} \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right)$ 20,8 (1248);

Діаметр цапфи $d_u, \text{м}$ 0,71;

Час пуску $\tau_{\text{пус}}, \text{с}$ 45;

Діаметр лоцильного циліндра $D, \text{м}$ 6;

Ширина машини $L, \text{м}$ 4,8;

Внутрішній діаметр циліндра $D_{\text{вн}}, \text{м}$ 5,886.

Потужність приводу розраховуємо методом тягових зусиль, згідно [15].

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$$T_1 = G f_1 \frac{d_y}{D} = 1064000 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,71}{6} = 6295 \text{ Н},$$

де $G = 1064000 \text{ Н}$ – вага циліндра;

$f_1 = 0,05$ – коефіцієнт тертя.

Зусилля тертя на подолання тертя шабера по поверхні лоцильного циліндру:

$$T_2 = q_{ш} \cdot L \cdot f_2 \cdot 10^3 = 0,15 \cdot 4,8 \cdot 0,2 \cdot 10^3 = 126 \text{ Н},$$

де $q_{ш} = 0,15 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$ – лінійний тиск;

$f_2 = 0,2$ – коефіцієнт тертя для сушильної частини.

Тягове зусилля на подолання тертя в торцевих ущільненнях:

$$T_3 = f_3 F_{нор} = 0,2 \cdot 9299,3 = 1860 \text{ Н},$$

де $f_3 = 0,2$ – коефіцієнт тертя в торцевих ущільненнях.

$F_{нор}$ – нормальна сила, Н:

$$F_{нор} = \frac{P_{пр} \pi (d_{зовн}^2 - d_{вн}^2)}{4} = \frac{0,45 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot (0,235^2 - 0,17^2)}{4} = 9299,3 \text{ Н},$$

де $P_{пр} = 0,45 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – тиск притискання;

$d_{зовн} = 0,235 \text{ м}$ – зовнішній діаметр ущільнення;

$d_{вн} = 0,17 \text{ м}$ – внутрішній діаметр ущільнення.

Сумарне тягове зусилля:

$$T_c = T_1 + 2T_2 + T_3 = 6295 + 2 \cdot 126 + 1860 = 8407 \text{ Н}.$$

Потужність приводу:

$$N = \frac{T_c V k_m k_v}{60 \cdot 1000} = \frac{8407 \cdot 1248 \cdot 1,3 \cdot 1,16}{60 \cdot 1000} = 263,7 \text{ кВт},$$

де $k_m = 1,3$ – коефіцієнт перенавантаження;

$k_v = 1,21$ – коефіцієнт, що враховує залежність тягового зусилля від швидкості:

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$k_v = 1 + C_3 (V - 200) = 1 + 0,0002 \cdot (1248 - 200) = 1,21,$$

де $C_3 = 0,0002$ – коефіцієнт для сушильної частини ПРМ.

Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta} = \frac{263,7}{0,87} = 303,1 \text{ кВт},$$

де $\eta = 0,87$ – ККД приводу.

Розраховуємо пусковий коефіцієнт:

$$k_n = \frac{M_i + M_{mp}}{M_{mp}} = \frac{27770 + 25220}{25220} = 2,101,$$

де M_i – момент інерції, Н•м:

$$M_i = I \frac{\omega}{\tau_{\text{пус}}} = 180200 \cdot \frac{6,933}{45} = 27770 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де I – статичний момент інерції, Н•м²:

$$I = \frac{G(D^2 - D_{\text{вн}}^2)}{8} = \frac{1064000 \cdot (6^2 - 5,886^2)}{8} = 180200 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

ω – кутова швидкість, с⁻¹;

$$\omega = \frac{V}{60R} = \frac{1248}{60 \cdot 3} = 6,933 \text{ с}^{-1},$$

де $R = 3 \text{ м}$ – радіус лощильного циліндра;

M_{mp} – момент на подолання сил тертя, Н•м:

$$M_{mp} = T_1 \frac{D}{2} = 8407 \cdot \frac{6}{2} = 25220 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо потужність двигуна в пусковий момент:

$$N_{\text{двн}} = N k_n = 303,1 \cdot 2,101 = 636,8 \text{ кВт}.$$

Висновок: обираємо електродвигун ПМБ675-875У3 потужністю 675 кВт, частотою обертів 875 об/хв.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації

6.1 Підготовка сушильної частини до монтажу

Розігрів лощильного циліндра здійснювати повільно з його одночасним обертанням. Тільки при цьому стає м'яким і може бути при повільному обертанні лощильного циліндра легко знятим за допомогою з'ємного шаберу. При цьому лезо шаберу необхідно постійно чистити. Очисний шабер застосовується, коли потрібно зняти товстий шар талька. При використанні очисного шаберу включити пристрій переміщення. Після очищення поверхні циліндра остаточно відчистити усі деталі та вузли. Очищення виконується безпосередньо перед введенням в експлуатацію при готовому до роботи приводі та підключеному паропроводі. Перед введенням в експлуатацію відчистити лощильний циліндр з внутрішньої сторони.

До монтажу лощильний циліндр повинен зберігатися в сухому приміщенні без різких перепадів температур. При тривалому зберіганні циліндр ставлять на підшипники та зберігають його, повертаючи щодня на 90°. Переміщення циліндра по майданчику здійснюється з допомогою катків або спеціально виготовленими шляхами.

Монтаж лощильного циліндра здійснювати з допомогою мачт, домкратів та лебідок.[20].

Після установки лощильного циліндра виконувати монтаж всіх інших валів і сушильної частини в цілому.

6.2 Монтаж лощильного циліндра та ковпака конвективного сушіння

До комплекту поставки входять: ковпак конвективного сушіння; балки та стійки; механізм переміщення ковпака; містки обслуговування; запасні частини.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Каркаси секцій ковпака, соплові камери, повітроводи для підводу гарячого повітря та відводи пароповітряної суміші виконуються з жароміцної і кислотійкої сталі, механізм переміщення ковпака і містки обслуговування виконувати з вуглецевої сталі з антикорозійним лакофарбовим покриттям. Навколишньою обшивкою секцій ковпака має бути алюмінієвий гофрований лист. Теплоізоляція – мінеральна вата.

Монтаж ковпака конвективного сушіння необхідно проводити за технічною документацією та кресленнями заводу-виробника в наступній послідовності[20]:

- 1) монтаж несучих металоконструкцій та секцій ковпака;
- 2) монтаж механізму переміщення;
- 3) монтаж трубних і електричних проводок;
- 4) монтаж кінцевих вимикачів механізму переміщення ковпака.

Монтаж секцій та несучих металоконструкцій ковпака швидкого сушіння необхідно проводити в наступній послідовності:

- 1) на станину пресово-сушильної частини встановити опори;
- 2) на опори треба встановити з'єднані секції, при цьому треба витримати зазор між робочою поверхнею ковпака та циліндричною поверхнею лоцильного циліндра рівним 20 мм.

Одночасно треба провести монтаж містків обслуговування ковпака швидкого сушіння за кресленнями заводу-виробника. Встановити пневмодвигуни та провести монтаж механізму переміщення ковпака. Монтаж трубних та електричних проводок, монтаж кінцевих вимикачів механізму переміщення ковпака швидкого сушіння.

Після проведення монтажних робіт треба провести вивіряння ковпака конвективного сушіння за рекомендаціями заводу-виробника. Результати вивіряння необхідно занести в формуляр. Після цього треба перевірити роботу механізму переміщення ковпака конвективного сушіння. Переміщення ковпака має бути плавним, без ривків та ударів в момент пуску і зупинки. В процесі

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

переміщення не повинно бути заїдань та заклинювань рухомих з'єднань. При цьому рекомендувати уважно стежити за рухом роликів відносно напрямних. Втрата повітря з пневмодвигунів неможлива.

Монтаж вентиляційного обладнання треба проводити за кресленнями заводу-виробника. При цьому всі прокладки в фланцевих з'єднаннях не повинні виступати в середину складаних вузлів. Вони повинні щільно прилягати по всій площині фланця та забезпечувати герметичність з'єднання.

В процесі експлуатації треба слідкувати за зазором між робочою поверхнею ковпака та циліндричною поверхнею лоцильного циліндра, рівним 20 мм.

6.3 Випробування лоцильного циліндра

Перше випробування на міцність та гідравлічне випробування лоцильного циліндра виконувати спеціалістами Держнагляду охорони праці.

Роботи з випробування виконувати місцевими органами на комбінаті в присутності інспектора технагляду.

Регулярні випробування, внутрішній контроль виконувати кожні чотири роки, гідравлічне випробування – кожні вісім років. Під час гідравлічних випробувань лоцильний циліндр не повинен бути встановлений на цапфах, щоб не виникла деформація та перенавантаження, а спиратися на корпус на рівні кришок симетрично приблизно на 20% довжини кола.

Лоцильний циліндр підлягає динамічному балансуванню в зібраному та встановленому на підшипниках кочення вигляді.

6.4 Введення в експлуатацію лоцильного циліндра

Розігрівання виконувати тільки під час обертання лоцильного циліндра. Це можливо виконувати на заправочній швидкості. Перешкоджати деформацію

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

лощильного циліндру повільним підвищенням температури, щоб матеріал поступово брав участь в тепловому розширенні. Підвищення температури не повинно перевищувати 2,5...3,5°C за годину. Протягом 2...3 годин поступово підвищувати тиск до робочого тиску. Після виходу на робочий режим лощильний циліндр потребує більше 4...5 годин роботи на холостому ході.

Перегрівання пари не повинно бути вище температури насиченої пари більш як на 10°C. Підвищене перегрівання призводить до: нерівномірності температури в корпусі, неоднакового термічного розширення частин циліндру та нерівномірного сушіння паперу.

Випуск повітря з лощильного циліндру в процесі розігрівання здійснюється через пристрій випуску або через паровий сепаратор лощильного циліндру.

При зупинці закрити подачу пари, дати лощильному циліндру можливість обертатися далі на робочій швидкості не менше 30 хвилин, до повного опорожнення. Охолодження виконувати при заправочній швидкості до температури 60°C. Лише після зупинки лощильного циліндру можна відключити подачу змащуючих матеріалів.

Пуск в роботу за відсутності мастила, вимкнених системах змащування та охолодження забороняти.

6.5 Експлуатація лощильного циліндра

Перегріта пара повинна бути охолоджена в холодильнику гарячої пари чистим конденсатом до температури, яка приблизно на 50°C вища температури насиченої пари відповідного робочого тиску. Підвищене перегрівання веде до різниці температури між корпусом та кришками.

Різниця температури в матеріалі призводить до різних теплових розширень та внаслідок цього до теплових напружень, що негативно виявляється

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на приляганні притискних валів та шаберів до лощильного циліндру. Перегрівання не повинно перевищувати 10°C.

Також необхідно запобігати швидкому охолодженню циліндра. Охолодження водою або стисненим повітрям забороняється. Від цього виникає кільцеве напруження, яке може призводити до руйнування корпусу лощильного циліндра.

Лощильний циліндр при зупинці папероробної машини повинен обертатися далі на невеликій швидкості. Якщо циліндр тривалий час не працював, перед введенням в експлуатацію необхідно провести контроль на строго концентричне обертання без радіального биття та за необхідності тривалий час обертати його в холодному стані для видалення деформацій.

Пристрій переміщення шаберу повинен працювати тільки під час обертання лощильного циліндра, оскільки при зупиненому циліндрі на його поверхні з'являються риси. Під час зупинки циліндра шабер знімають.

Максимально припустима температура підшипників 65°C. Мастило змінювати кожні 14 днів.

6.6 Усунення виробничих неполадок

При відсутності струму, забрудненні шаберу або ковпака конвективного сушіння негайно припинити подачу пари. Лощильний циліндр кожні 10 хвилин повинен бути прокручений на півоберта вручну за допомогою важеля.

При обриві паперового полотна перед лощильним циліндром негайно дроселювати подачу пари до циліндра та газу до повітрянагрівача для ковпака настільки, щоб температура поверхні лощильного циліндра підтримувалась на рівні температури пуску.

При перших ознаках виробничих несправностей та дефектності підшипників прийняти негайно заходи по їх усуненню, до остаточної зупинки всієї машини.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Конструюючи машин і апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі та вузли.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів. З урахуванням класифікації процесів ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків. Для найбільш модернізованих конструкцій машин і апаратів розроблені ГОСТи.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації та переходу при необхідності на нові режими роботи.

Сушильна частина складається з 1550 деталей, з яких:

- стандартизованих $N_c = 170$;
- уніфікованих $N_y = 1230$;
- індивідуальних ненормалізованих $N_i = 150$.

Виходячи з цього, частка уніфікованих деталей в конструкції складає:

$$K_y = \frac{N_y}{N_y + N_i} = \frac{1230}{1230 + 150} = 0,85.$$

Частка стандартизованих деталей в конструкції складає:

$$K_c = \frac{N_c}{N_c + N_i} = \frac{170}{170 + 150} = 0,53.$$

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

8 Економічна частина

8.1 Обґрунтування доцільності проведення вдосконалення

Целюлозно-паперова промисловість є однією з найважливіших галузей промисловості України. Це дуже складне багатоопераційне виробництво, яке характеризується значною матеріаломісткістю та трудомісткістю.

Основним напрямком розвитку целюлозно-паперової промисловості України є проведення реконструкції та вдосконалення паперо- та картоноробних машин, впровадження нових, більш ефективних хімікатів та технологічних добавок для створення умов підвищення якості та конкурентоздатності продукції, що випускається.

На Київському картонно-паперовому комбінаті (ККПК) в цеху з виготовлення санітарно-гігієнічного паперу встановлена сушильна частина ПРМ фірми “VOITH” з лоцильним циліндром та ковпаком швидкого сушіння. Ця сушильна частина використовується в ЦПВ та призначена для сушіння санітарно-гігієнічних видів паперу, які мають невелику масу m^2 . В технологічному ланцюгу вона стоїть після пресової частини перед накатом папероробної машини.

Перевагою даної сушильної частини є те, що вона забезпечує необхідну сухість та якість паперового полотна.

Оскільки в наш час значно зросли ціни на санітарно-гігієнічний папір, зросли вимоги до якості цього паперу, то виникла потреба в удосконаленні сушильної частини з метою збільшення інтенсивності процесу та підвищення продуктивності сушильної частини ПРМ.

В даному дипломному проєкті проведено удосконалення лоцильного циліндру. Його відмінність полягає в тому, що для покращення теплопередачі за рахунок зменшення термічного опору конденсату по всій довжині циліндра почергово було розміщено труби для підведення пари та відведення конденсату.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Труби для відведення конденсату було вварено максимально близько до внутрішньої поверхні зовнішньої оболонки, зі збереженням зазору між кінцями труб та внутрішньою поверхнею зовнішньої оболонки [21]. Це дозволило збільшити коефіцієнт теплопередачі на 15-20%. Інтенсифікація процесу сушіння дозволила збільшити швидкість машини і підвищити продуктивність виробництва без змін витрат грійної пари [22].

Основні технічні показники базової та проекрованої сушильної частини наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 Технічні показники базової та проекрованої сушильної частини

Показник	Одиниця виміру	Лоцильний циліндр	
		До вдосконалення	Після вдосконалення
Витрати грійної пари	кг/с	3,5	3,443
Продуктивність	кг/год	8392	9673,2
Річна продуктивність	кг/рік	73510000	84737232
Коефіцієнт теплопередачі	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}$	435,41	519,3
Початкова сухість паперу	%	45	52
Кінцева сухість паперу	%	90	95
Встановлена потужність	кВт	480	675
Швидкість машини	м/с (м/хв)	16,6 (1000)	20,8 (1248)
Маса 1 м ² паперу	г/ м ²	32	32
Тиск пари	МПа	0,8	0,8
Маса лоцильного циліндра	кг	106500	108500
Орієнтовна вартість(первісна)	тис.грн	1293	1307

8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню базової конструкції лоцильного циліндра

Удосконалення діючого устаткування означає попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог. Розрахунки ефективності на проведення удосконалення устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат n_{p_i} , який розраховується за формулою [23].

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}}, \quad (8.1)$$

де M_i - сукупні витрати на проведення удосконалення лоцильного циліндру, грн.;

S_{e_i} - перевищення експлуатаційних витрат удосконаленого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

K_{H_i} - оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

α - коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

S_{a_i} - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає удосконаленню, грн;

Розрахований по формулі 8.1 коефіцієнт n_{p_i} може мати позитивне, негативне або нульове значення (таблиця 8.2).

Сукупні витрати M_i на проведення удосконалення устаткування складаються з таких окремих елементів а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання удосконалення);

- витрати на оплату праці (заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по удосконаленню устаткування; відрахування на соціальне страхування);
- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає удосконаленню;

Таблиця 8.2. Значення коефіцієнту ефективності витрат n_{pi} на модернізацію устаткування [23]

Величина коефіцієнта n_{pi}	Висновок щодо доцільності вдосконалення лоцильного циліндра
$n_{pi} > 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{pi} < 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{pi} = 0$	Рішення про удосконалення устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат M_i на вдосконалення устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{i_{перв}}^{мод} \cdot K_i, \quad (8.2)$$

де $\Phi_{i_{перв}}^{мод}$ – первісна (відновлена) вартість лоцильного циліндру, який підлягає вдосконаленню, грн;

K_i - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає вдосконаленню. Величина коефіцієнта витрат на проведення удосконалення $K_i=0,09$ [23]

Удосконалене устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням. Згідно даних підприємств, де

експлуатується аналогічне обладнання, первісна орієнтовна вартість лоцильного циліндра складає $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 5263$ тис. грн.

Таким чином величина витрат для проведення удосконалення лоцильного циліндра становить:

$$M_i = 5263000 \cdot 0,09 = 473670 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по вдосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{ei} може бути розрахована по формулі:

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{bn} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}, \quad (8.3)$$

де q_{bi} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає вдосконаленню $q_{bi} = 0,04$ [23];

q_{bn} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування табл.4 [14, с.10]; $q_{bn} = 0,03$;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$ – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування, грн.

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по удосконаленому лоцильному циліндру порівняно з новим аналогічним:

$$S_{ei} = 0,04 \cdot 5263000 - 0,03 \cdot 5321000 = 50890 \text{ грн.}$$

Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 5321$ тис. грн.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі:

$$\alpha = \frac{\Pi_{нов}}{\Pi_i}, \quad (8.4)$$

де Π_i – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає вдосконаленню. Для розрахунку приймаємо продуктивність $\Pi_i = 8392$ кг/год.

$\Pi_{нов}$ – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування. Для розрахунку приймаємо продуктивність $\Pi_{нов} = 9673,2$ кг/с.

$$\alpha = \frac{9673,2}{8392} = 1,15.$$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування $\beta = 0,95$ [23].

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники.

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (8.1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат n_{pi} , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення удосконалення лоцильного циліндра.

$$n_{pi} = 1 - \frac{473670 + 50890}{5263000 \cdot 1,15 \cdot 0,95 + 80200} = 0,92.$$

Тобто розраховане значення $n_{pi} > 0$, а це означає, що удосконалення лоцильного циліндра є економічно доцільним.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Висновок

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» на тему «Модернізація установки сушильного циліндра папероробної машини. Комплексний» розроблено сушильну частину папероробної машини для виготовлення санітарно-гігієнічного паперу.

Модернізація сушильного циліндра спрямована на забезпечення рівномірності сухості паперового полотна по його ширині. Це досягається завдяки вирівнюванню та мінімізації шару конденсату на внутрішній поверхні оболонки циліндра. Технічно це забезпечується почерговим встановленням паропідвідних та конденсатовідвідних труб до внутрішньої поверхні оболонки циліндра.

Зменшення товщини шару конденсату зумовлює збільшенню теплового потоку від пари до паперового полотна і, відповідно, інтенсифікації сушіння.

У результаті виконання дипломного проекту було зроблено опис технологічного процесу, вибрано тип сушильної частини, обґрунтовано вибір типу сушильної частини і конструкції апарата, порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, проведено патентне дослідження, розроблено рекомендації з охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: тепловий, розрахунок корпусу, кришки циліндру, пустотілого валу, цапфи, зварного з'єднання кришки з пустотілим валом, болтів для кріплення кришки, кришки лазу, болтів для кріплення кришки лазу, фланцевого з'єднання, паровпускної головки, підшипників та приводу, розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації. Частину розрахунків виконано за допомогою програми Mathcad.

Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3D V16 і включає в себе установку сушильного циліндра ПРМ – $A2 \times 3$, лоцильний циліндр – $A2 \times 3$, корпус циліндра – $A1$, цапфу привідну – $A1$, кришку – $A1$.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

За період виконання дипломного проекту подано заявку на деклараційний патент (u2019 04388) та зроблено три доповіді на XXIII, XXIV Всеукраїнських конференціях та VII Міжнародній конференції.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вывод

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация установки сушильного цилиндра бумагоделательной машины. Комплексный» разработано сушильную часть бумагоделательной машины для изготовления санитарно-гигиенической бумаги.

Модернизация направлена на обеспечение равномерности сухости бумажного полотна по его ширине. Это достигается благодаря выравниванию слоя конденсата на внутренней поверхности оболочки цилиндра. Технически это обеспечивается поочередной установкой пароподводящих и конденсатоотводных труб к внутренней поверхности оболочки цилиндра. Уменьшение толщины слоя конденсата способствует увеличению теплового потока от пара к бумажному полотну и, соответственно, интенсификации сушки.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано описание технологического процесса, выбрано тип сушильной части, обосновано выбор типа сушильной части и конструкции аппарата, осуществлено сравнение показателей разработанной конструкции и аналогов, осуществлено патентный поиск, разработано рекомендации по охране труда, сделаны расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции: тепловой, расчет корпуса, крышки цилиндра, пустотелого вала, цапфы, сварного соединения крышки с пустотелым валом, болтов для крепления крышки лаза, фланцевого соединения паровпускной головки, подшипников и привода, разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации, осуществлено технико-экономическое обоснование модернизации. Часть расчетов сделана при помощи программы Mathcad.

Графическая часть выполнена в среде КОМПАС – 3D V16 и состоит из установки сушильного цилиндра БДМ – А2×3, сушильного цилиндра – А2×3, корпуса цилиндра – А1, цапфы приводной – А1, крышки – А1.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

За период выполнения дипломного проекта подано заявку на декларационный патент (u2019 04388) и сделаны три доклада на XXIII, XXIV Всеукраинских конференциях и VII Международной конференции.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Conclusion

In the Bachelor Diploma project on the theme: “Modernization of dryer cylinder installation of paper machine. Complex” the drying part of papermaking machine for manufacturing of a sanitary-and-hygienic paper was designed.

The modernization is aimed at ensuring the uniformity of the dryness of the paper web by its width. This is achieved by smoothing and minimizing the condensate layer on the inner surface of the shell of a cylinder. Technically, this is provided by the alternate installation of vapor and condensate pipes to the inner surface of the shell of the cylinder. Reducing the thickness of the condensate layer causes the increase in the heat flow from steam to paper and, accordingly, intensification of drying.

Based on the results of the Bachelor Diploma project the description of the process was made; the type of a drying part of papermaking machine was selected; the choice of the type of a drying part and the design of a cylinder was validated; key indicators were compared with analog ones; the patent research was made; the safety recommendations.

The calculations proving the efficiency and reliability of the selected device structures, such as the thermal design, the thickness of shell, the geometric dimensions of the: cylinder head, sleeve, weld joint, drive unit, antifriction bearing; number of mounting bolts, flange coupling of steam head were made. Recommendations for installation and operation were made, the level of standardization and unification was defined, and a feasibility study of modernization was made. The part of calculations was made in the software environment Mathcad 15.

The graphic part of the project is made in “COMPAS 3D environment V16.1” and includes the dryer cylinder installation – A2×3, the yankee cylinder – A2×3, te cylinder casing – A1, the driven neck journal – A1, the cylinder head – A1.

During the period of implementation of the project the request for a useful model (u201904388) was made and three reports were published at “XXIII and XXIV Ukrainian Scientific Conference of Students and Young Scientists” and “VII International Conference”.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. В.С. Куров. Теория и конструкция машин и оборудования отрясли. Бумаго- и картоноделательные машины. Учеб пособие / Под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина. СПб. :Изд-во Политехн.ун-та, 2006, 588 с.
2. Міліціян О. А., Новохат О.А. «Використання сталевих лоцильних циліндрів», Київ, 28-29 листопада 2018, «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів», XXIII всеук. наук.-практ. конф. студ., асп. і мол. вч., с. 59-60, – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 103 с
3. Патент № 101034 (UA), МПК6 D21F5/02. Сушильний циліндр/ Марчевський Віктор Миколайович, Колобашкін Леон Віталійович, Семінський Олександр Олегович; – Заявка № U201501354, 18.02.2015; Опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16, 2015
4. Патент № 90749 (UA), МПК14 D21F5/00. Сушильний циліндр/ Карпенко Костянтин Олексійович, Новохат Олег Анатолійович; – Заявка № U201315229, 25.12.2013; Опубл. 10.06.2014, Бюл.№ 11, 2014р.
5. Патент № 60245 (UA), МПК11 D21F 5/00. Сушильний циліндр/ Мартинюк Вадим Олегович, Новохат Олег Анатолійович; – Заявка № U201015076, 14.12.2010; Опубл. 10.06.2011 Бюл.№ 11,2011р.
6. Патент № 121639 (UA), МПК2017 D21F5/02. Циліндр сушильний/ Марчевський Віктор Миколайович, Шквира Борис Григорович; – Заявка № U201706515, 26.06.2017; Опубл. 11.12.2017, Бюл. № 23, 2017р.
7. Патент № 2372434 (RU), МПК6 D21F 5/02. Сушильный цилиндр./ Клоибхофер Райнер (АТ), Хаазе Кристоф (АТ), Грубер-Надлингер Томас (АТ), Боден Херберт (АТ), Ролленитц Эрих (АТ), Глозер Манферд (АТ) – Заявка №EP2005/056151, 06.08.2005; Опубл. 13.07.2006
8. Патент № 8,398,822 B2 (US) МПК6 D21F 1/60. Thermally insulated yankee cylynder/ Giovan Battista Mennucci, Stefano Di Moriano (IT); Franchesco

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Simoncini, Lucca (IT); Paolo Raffaelli, Lucca (IT); Simone Pieruccini, Lucca (IT); –
Заява № 13/394,996 02.09.2010 Оpubл. 08.03.2011

9. Чичаев А.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981.– 264 с.

10. Эйдли И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины / Эйдли И.Я. – М.: Лесная промышленность 1970.- 624 с.

11. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/ Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

12.VOITH. PROGRES, Marketing-Inzenjering. – Heidenheim, 1990.

13. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.: в 3-х т. Т. 1. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.

14. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.: в 3-х т. Т. 2. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.: ил.

15. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.: в 3-х т. Т. 3. – 8-е изд., перераб и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 864 с.: ил.

16. ОСТ 26-08-2005-77. Метод теплотехнического расчета сушильной части бумаго-, картоноделательных и сушильных машин с применением ЭВМ.

17. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студ. машинобудівних спец. усіх форм навчання Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: / Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 108 с.

18. Расчет на прочность деталей машин: в 3 т. / [Биргер И.А. и др.] – М.: Машиностроение, 1962.– 488 с.

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

19. ГОСТ 5721-75. Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные. Типы и основные размеры.

20. Кокушин Н.Н. Монтаж и ремонт целлюлозно-бумажного оборудования / Н.Н. Кокушин. – М.: Экология, 1991. – 209 с.

21. Заявка u201904388 Україна МПК (2019) D21F 5/02 Лощильний циліндр/ Міліціян О. А., Новохат О.А. - № u 2019 04388; заявл. 23.04.2019.

22. Міліціян О. А., Новохат О.А. «Модернізація лощильного циліндра папероробної машини», Дніпро, 6-7 червня 2019, «Сучасний рух науки», VII міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.

23. Задольский А.М. Методичні вказівки для виконання економічної частини диплому спеціалістів / А.М. Задольский. Київ: КПП, 2012 р. – 82 с.

24. Міліціян О. А., Новохат О.А. «Інтенсифікація сушіння паперового полотна», Київ, 22-23 квітня 2019, «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів», XXIV всеук. наук.-практ. конф. студ., асп. і мол. вч., с. 58-59, – К.: «КПП ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 105 с

					ЛБ-51.705441.001ПЗ	Арк
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		